



**TUGAS AKHIR – RC14-1501**

**PERENCANAAN MODIFIKASI RANGKA BUSUR  
BAJA PADA JEMBATAN PEMALI DENGAN  
DAMPER SEBAGAI *LONGITUDINAL STOPPER***

**BINTANG MAHARDHIKA**

**NRP 3113 100 013**

**Dosen Pembimbing**

**Endah Wahyuni, ST., M.Sc., Ph.D.**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Surabaya 2017**



**TUGAS AKHIR – RC14-1501**

**PERENCANAAN MODIFIKASI RANGKA BUSUR  
BAJA PADA JEMBATAN PEMALI DENGAN  
DAMPER SEBAGAI *LONGITUDINAL STOPPER***

**BINTANG MAHARDHIKA**

**NRP 3113 100 013**

**Dosen Pembimbing**

**Endah Wahyuni, ST., M.Sc., Ph.D.**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Surabaya 2017**



**FINAL PROJECT – RC14-1501**

**PLANNING MODIFICATION OF ARCH STEEL  
FRAMEWORK IN PEMALI BRIDGE WITH  
DAMPER AS *LONGITUDINAL STOPPER***

**BINTANG MAHARDHIKA**

**NRP 3113 100 013**

**Academic Supervisor :**

**Endah Wahyuni, ST., M.Sc., Ph.D.**

**CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT**

**Faculty of Civil Engineering and Planning**

**Sepuluh Nopember Institute of Technology**

**Surabaya 2017**

**PERENCANAAN MODIFIKASI RANGKA BAJA  
PADA JEMBATAN PEMALI DISERTAI DAMPER  
SEBAGAI *LONGITUDINAL STOPPER***

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Bidang Studi Geoteknik  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**BINTANG MAHARDHIKA**  
NRP. 3113 100 013

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Endah Wahyuni, ST., M.Sc., Ph.D



**SURABAYA  
JANUARI, 2017**

# **PERENCANAAN MODIFIKASI RANGKA BUSUR BAJA PADA JEMBATAN PEMALI DISERTAI DAMPER SEBAGAI *LONGITUDINAL STOPPER***

**Nama Mahasiswa** : Bintang Mahardhika  
**NRP** : 3113100013  
**Jurusan** : Teknik Sipil FTSP-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Endah Wahyuni, ST., MSc., Ph.D

## **Abstrak**

Jembatan Pemali merupakan jembatan yang terletak di Kota Brebes. Jembatan ini menjadi akses penting yang menghubungkan antara Kota Semarang dan Kota Jakarta. Jembatan Pemali sering mengalami perbaikan dalam segi struktural setiap bulannya, hal ini diakibatkan oleh semakin padat volume kendaraan terutama truk dengan muatan berat. Permasalahan ini yang melatarbelakangi pembangunan Jembatan Pemali yang baru agar menunjang dalam sarana transportasi.

Tugas Akhir ini memodifikasi Jembatan Pemali menjadi sistem busur rangka baja. Jembatan didesain dengan tinggi 18 meter, bentang 100 meter dan lebar 9 meter. Tugas Akhir ini menggunakan kombinasi pembebanan sesuai SNI T-02-2005 dan SNI 1725-2016. Dengan menggunakan program bantu SAP2000, kombinasi KUAT 1 (SNI-1725-2016) menghasilkan *output* gaya yang lebih besar daripada kombinasi lainnya sehingga kombinasi tersebut digunakan untuk menentukan profil rangka atas jembatan. Analisis pengaruh damper dengan tipe *Lock-Up Device* menggunakan program bantu SAP2000 dengan kombinasi beban yang menentukan dalam perencanaan damper sebagai *longitudinal stopper* adalah kombinasi EKSTREM I (SNI-1725-2016). Hasil dari analisa dengan program bantu SAP2000 profil utama yang terbesar pada jembatan busur menggunakan BOX 500x500x25 serta dengan adanya damper struktur utama jembatan mampu

mengurangi deformasi sebesar 16%. Dalam merencanakan bangunan bawah jembatan, dilakukan kontrol guling dan geser pada *abutment* jembatan serta untuk tiang pancang jembatan dilakukan kontrol berdasarkan daya dukung tanah dan tipe material yang digunakan. Dari perencanaan tersebut, didapatkan dimensi *abutment* 11x11x10 meter serta kebutuhan tiang pancang jembatan 36 buah. Hasil seluruh perhitungan Tugas Akhir ini dituangkan dalam gambar teknik standar.

***Kata kunci : Jembatan Busur Rangka Baja, , Damper, Abutment.***

# **PLANNING MODIFICATION OF ARCH STEEL FRAMEWORK IN PEMALI BRIDGE WITH DAMPER AS *LONGITUDINAL STOPPER***

**Name** : Bintang Mahardhika  
**NRP** : 3113100013  
**Departement** : Civil Engineering FTSP-ITS  
**Academic Surveyor** : Endah Wahyuni, ST., MSc., Ph.D

## ***Abstract***

Pemali Bridge is a bridge that located in Brebes, Center of Java. This bridge becomes the important access that connecting the city of Semarang and Jakarta. The structure of Pemali Bridge is often repaired every month. This condition caused by increasing volume of vehicles, especially trucks with heavy loads. This problem is the background of designing new Pemali Bridge in order to support the transportation facilities.

The aim of the Final Project modifying Pemali Bridge is to design it as arch steel bridge. The bridge will be designed with height 18 m, span 100 m and width 9 m. This Final Project is using load combination from SNI T-02-2005 and SNI 1725-2016. By using SAP2000, the combination of KUAT 1 (SNI 1725-2016) produce output of force greater than the other combinations, so the combination is used to determine the profile of the main bridge. analysis of the influence of the damper with *Lock-Up Device* type by using SAP2000 with load combination that most decisive of the damper planning is EKSTREM I (SNI 1725-2016). From the result of SAP2000, obtained the biggest of the arch steel bridge main profile using BOX 500x500x25 and by using damper the main structure of the bridge can reduce deformation until 16%. In planning of the lower part from Pemali bridge, control rolling and sliding for abutment analysis is used. For pile control bearing

capacity and the type of the material is also used. From this planning, obtained the dimension of the abutment is 11x11x10 with 36 piles. The standard engineering drawings is the result of the Final Project.

***Keyword : Arch Steel Bridge, Damper, Abutment.***



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena dengan rahmat, hidayah, serta karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas akhir ini dengan judul **Perencanaan Modifikasi Rangka Busur Baja pada Jembatan Pemali Disertai Damper Sebagai Longitudinal Stopper** dengan baik dan tepat waktu.

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, penulis tidak mengerjakan sendirian. Atas seluruh dukungan dan bimbingan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, maka penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan penuh dan tidak pernah lelah dalam memberi nasihat kepada penulis.
2. Ibu Endah Wahyuni, ST., MSc., Ph.D sebagai dosen pembimbing yang telah memberi masukan dan arahan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Kepada Bapak Dr. Techn. Umboro Lasminto, ST., MSc selaku dosen wali yang selalu memerikan motivasi selama menempuh pendidikan di Teknik Sipil ITS.
4. Seluruh dosen dan Teknik Sipil ITS yang secara tidak langsung memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis.
5. Seluruh teman-teman ITS khususnya jurusan Teknik Sipil ITS.

Dengan segenap kerendahan hati, penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis berharap kritik dan saran dari pembaca demi kebaikan untuk kedepannya. Semoga Tugas Akhir ini bisa memberikan manfaat baik bagi penulis maupun bagi para pembaca.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR ISI

### HALAMAN JUDUL

### LEMBAR PENGESAHAN

<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	iii
<b>KATA PEGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xxiii

## BAB I

### PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan .....	5
1.4 Batasan Masalah .....	5
1.5 Manfaat .....	6

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jembatan.....	7
2.1.1 jenis-Jenis Jembatan Menurut Klasifikasinya .....	7
2.2 Konstruksi Busur.....	8
2.2.1 Beberapa Jenis Kosntruksi Busur.....	8
2.2.2 Pemilihan Jenis Kosntruksi dan Bentuk Busur .....	10
2.3 Sambungan .....	11
2.3.1 Sambungan Baut .....	11
2.3.2 Sambungan Las .....	12
2.4 Damper Jembatan.....	14
2.4.1 <i>Lead Rubber Bearing</i> (LRB).....	14

2.4.2 <i>Lock-Up Device</i> (LUD) .....	18
2.5 <i>Abutment</i> Jembatan.....	21
2.5.1 <i>Abutment</i> Tipe Gravitasi.....	22
2.5.2 <i>Abutment</i> Tipe T terbalik.....	23
2.5.3 <i>Abutment</i> Tipe dengan Penopang.....	24
2.6 Pondasi .....	25

### **BAB III**

#### **METODOLOGI**

3.1 Urutan Pengerjaan .....	27
3.2 Penjelasan.....	28
3.2.1 Studi Literatur .....	28
3.2.2 Pengumpulan Data .....	29
3.2.3 <i>Preliminary Design</i> .....	29
3.2.4 Merencanakan Struktur Sekunder .....	36
3.2.5 Merencanakan Rangka Utama Jembatan .....	36
3.2.6 Permodelan dan Analisa Struktur Utama jembatan Busur disertai Damper dengan Menggunakan Program SAP2000.....	41
3.2.7 Kontrol terhadap kekuatan dan Kestabilan .....	41
3.2.8 Merencanakan Bangunan Bawah .....	41
3.2.9 Penggambaran Hasil Perencanaan.....	45

### **BAB IV**

#### **PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER**

4.1 Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan .....	47
4.1.1 Pembebanan Pelat Lantai Kendaraan .....	48
4.1.2 Perhitungan Momen Arah Melintang.....	48
4.1.3 Perhitungan Penulangan Lentur Lantai Kendaraan...	49
4.1.4 Kontrol Penulangan Geser ( <i>Pons</i> ) Pelat Lantai Kendaraan .....	51
4.2 Perencanaan Gelagar Memanjang Jembatan .....	52
4.2.1 pembebanan Gelagar Memanjang Jembatan .....	53

4.2.1.1	Beban Mati .....	53
4.2.1.2	Beban Hidup Ultimate .....	53
4.2.1.2.1	Beban Terbagi Rata (UDL).....	53
4.2.1.2.2	Beban Garis (KEL) .....	53
4.2.1.2.3	Beban Truk “T” .....	54
4.2.2	Kontrol Profil Gelagar Memanjang.....	55
4.2.2.1	Kuat Rencana Momen Lentur.....	55
4.2.2.2	Kontrol <i>Lateral Buckling</i> .....	56
4.2.2.3	Kuat Rencana Geser .....	58
4.2.2.4	Lendutan Ijin .....	60
4.3	Perencanaan Gelagar Melintang Jembatan.....	61
4.3.1	Pembebanan pada Gelagar Melintang Jembatan .....	61
4.3.1.1	Beban Mati .....	61
4.3.1.1.1	Beban Mati (Sebelum Komposit) .....	61
4.3.1.1.2	Beban Mati (Sesudah Komposit) .....	62
4.3.1.2	Beban Hidup (Sesudah Komposit) .....	63
4.3.1.3	Beban Truk “T” .....	64
4.3.2	Kontrol Profil Gelagar Melintang .....	64
4.3.2.1	Kuat Rencana Geser .....	64
4.3.2.2	Lendutan Ijin .....	65
4.3.2.3	Kuat Penampang.....	66
4.3.3	Kontrol Gaya Momen Setelah Komposit .....	66
4.3.3.1	Perhitungan Lebar Efektif Pelat .....	66
4.3.3.2	Perhitungan Kapasitas Momen Setelah Komposit .....	68
4.3.3.3	Perhitungan Kebutuhan <i>Shear Connector</i> .....	68
4.4	Perhitungan Beban Angin Rangka Busur.....	69
4.4.1	Gaya Angin Ultimate pada Rangka Jembatan .....	69
4.4.2	gaya Angin Ultimate pada lantai Kendaraan .....	70

## **BAB V**

### **DESAIN STUKTUR UTAMA JEMBATAN BUSUR**

5.1 <i>Preliminary Design</i> Busur Rangka Baja .....	73
5.1.1 Tinggi Fokus Busur Baja.....	73
5.1.2 Tinggi Tampang Busur Rangka.....	73
5.1.3 Lebar Busur Rangka Jembatan .....	74
5.2 Panjang Batang Penggantung Busur Baja .....	74
5.2.1 Pembebanan Penggantung Busur Baja .....	76
5.2.1.1 Beban Mati .....	76
5.2.1.2 Beban Hidup .....	76
5.2.1.2.1 Beban Terbagi Rata UDL .....	76
5.2.1.2.2 Beban Garis KEL.....	77
5.2.1.3 Beban Lain-lain.....	77
5.3 Pra-pemodelan Struktur Jembatan Busur .....	78
5.3.1 Pembebanan Struktur Utama .....	78
5.3.2 Kombinasi Pembebanan pada Jembatan.....	80
5.4 Pemodelan Struktur Utama (2 Dimensi) .....	81
5.4.1 Garis Pengaruh Rangka Per Segmen .....	81
5.4.2 Desain Profil Rangka Utama Jembatan Busur.....	100
5.4.2.1 Batang 10.....	100
5.4.2.2 batang 39 .....	101
5.4.2.3 Batang 87.....	103
5.4.2.4 Batang 86.....	105
5.4.2.5 Batang 7.....	107
5.4.2.6 Batang 35.....	109
5.4.2.7 Batang 81 .....	111
5.4.2.8 Batang 80.....	113
5.4.2.9 Batang 4.....	114
5.4.2.10 Batang 32.....	115
5.4.2.11 Batang 75.....	117
5.4.2.12 Batang 74.....	119
5.4.2.13 Batang 51.....	121
5.4.2.14 Batang 63.....	123

5.5	Pemodelan Struktur Jembatan Busur 3 Dimensi .....	124
5.5.1	<i>Output</i> Analisa Gaya Dalam Jembatan Busur .....	128
5.5.2	Perencanaan Struktur Sejunder Jembatan Busur ....	129
5.5.2.1	Perencanaan Ikatan Angin Lantai Kendaraan.	129
5.5.2.2	Prencanaan Ikatang Angin Silang Akhir Batang.....	131
5.5.2.3	Perencanaan Ikatan Angin Rangka Jembatan.	133
5.5.2.4	Perencanaan Ikatan Angin Horizontal Jembatan .....	135
5.5.2.5	Perencanaan Ikatan Angin Silang Rangka Jembatan .....	137
5.5.2.6	Perencanaan Kolom Portal Akhir .....	139
5.5.2.7	Perencanaan Balok Portal Akhir.....	142
5.5.3	Lendutan Ijin Jembatan .....	146
5.5.4	Rekap Desain Profil Jembatan Busur Baja Pemali.	146
5.6	Kontrol SAP2000 dengan Perhitungan Manual .....	147

## **BAB VI**

### **PERENCANAAN DAMPER JEMBATAN**

6.1	Gaya Gempa Jembatan.....	151
6.2	Beban Rem Kendaraan.....	155
6.3	Pemodelan Gaya untuk Menentukan Damper .....	156
6.4	Gaya pada Titik Pemasangan Damper .....	157
6.5	<i>Lock-Up Device</i> Jembatan.....	158
6.6	Efektivitas Penggunaan Damper pada <i>Displcaement</i> Jembatan .....	159

## **BAB VII**

### **DETAIL SAMBUNGAN**

7.1	Umum.....	161
7.2	Sambungan Balok Memanjang dan Melintang .....	162
7.2.1	Profil Balok Memanjang.....	162
7.2.2	Profil Balok Melintang .....	163

7.2.3 Jarak Pemasangan Baut .....	163
7.2.4 Kontrol Pelat Siku Penyambung.....	164
7.3 Sambungan Ikatan Angin dan Ikatan Silang .....	164
7.3.1 Sambungan Ikatan Angin Rangka .....	164
7.3.2 Sambungan Ikatan Angin Silang Rangka .....	166
7.3.3 Sambungan Balok Horizontal Ikatan Angin Rangka .....	167
7.3.4 Jarak Pemasangan Baut Ikatan Rangka .....	167
7.3.5 Kontrol Pelat Sambungan Ikatan Rangka.....	168
7.3.6 Sambungan Ikatan Angin Lantai .....	168
7.3.7 Kontrol Pelat Sambung Ikatan Angin Lantai.....	169
7.3.8 Sambungan Ikatan Silang Akhir .....	170
7.3.9 Kontrol Pelat Sambung Ikatan Silang Akhir .....	171
7.3.10 Jarak Pemasangan Baut Ikatan Lantai .....	171
7.4 Sambungan Balok Melintang dengan Rangka Utama.....	172
7.4.1 Sambungan pada Balok Melintang.....	172
7.4.2 Sambungan pada Batang Tarik.....	173
7.5 Sambungan Rangka Utama Busur Jembatan.....	175
7.5.1 Batang Tepi Bawah Rangka Utama.....	175
7.5.2 Batang Vertikal Akhir Rangka Utama.....	175
7.5.3 Batang Tepi Atas Segmen 3 Rangka Utama.....	176
7.5.4 Batang Tepi Atas Segmen 2 Rangka Utama.....	176
7.5.5 Batang Tepi Atas Segmen 1 Rangka Utama.....	177
7.5.6 Batang Vertikal Rangka Utama .....	177
7.5.7 Batang Diagonal Rangka Utama .....	178
7.5.8 Jarak Pemasangan Baut Rangka Utama .....	178
7.6 Sambungan Portal Akhir Busur Jembatan.....	185
7.7 Perencanaan Perletakan.....	188
7.7.1 Pembebanan.....	188
7.7.1.1 Beban Total Struktur .....	188
7.7.1.2 Beban Gempa .....	189
7.7.1.2.1 Koefisien Dasar “C” .....	189
7.7.1.2.2 Faktor Tipe Bangunan.....	192



7.7.1.2.3 Faktor Kepentingan.....	193
7.7.1.2.4 Perhitungan Gata Geser Total.....	193
7.7.1.2.5 Kombinasi Pembebanan Terbesar.....	194
7.7.2 Perencanaan Elastomer.....	194
7.7.3 Kontrol Elastomer.....	196
7.7.3.1 Kontrol Faktor Desain Elastomer .....	197
7.7.3.2 Regangan Geser Tekan.....	198
7.7.3.3 Regangan Geser Torsi .....	199
7.7.3.4 Regangan Geser Tangensial .....	199
7.7.3.5 Tegangan Rata-rata pada Elastomer .....	200
7.7.3.6 Persyaratan Stabilitas Elastomer .....	200
7.7.3.7 Tebal Minimum Pelat Baja.....	200
7.7.3.8 Persyaratan Penahan Perletakan .....	201

## **BAB VIII**

### **PERENCANAAN BANGUNAN BAWAH JEMBATAN**

8.1 Analisa Data Tanah .....	203
8.2 Daya Dukung Tanah.....	204
8.3 Tiang Pancang .....	210
8.4 Pembebanan Struktur Bangunan Bawah Jembatan .....	213
8.4.1 beban Akibat Kombinasi Pembebanan .....	213
8.4.2 Beban Gesekan .....	213
8.4.3 Beban Rem .....	214
8.4.4 Beban Gempa .....	214
8.5 Perhitungan Gaya Geser Dasar.....	215
8.5.1 Desain <i>Abutment</i> Jembatan.....	215
8.5.2 Perhitungan gaya Geser Total Arah Melintang .....	217
8.5.3 Perhitungan Gaya Geser Total Arah Memanjang...	217
8.5.4 Beban Tekanan Tanah Aktif.....	218
8.5.5 Beban Tanah Aktif akibat Gempa .....	219
8.6 Perencanaan Tiang Pancang.....	220
8.6.1 Kombinasi Pembebanan .....	220
8.6.2 Beban d iatas Tiang Kelompok.....	226

8.6.3 Kontrol Daya Dukung Tiang Pancang.....	229
8.6.3.1 Kontrol Tiang Pancang Terhadap Kelompok.....	229
8.6.3.2 Kontrol Beban Aksial Kelompok .....	229
8.6.3.3 Kontrol Defleksi dan Pengaruh Gaya Lateral.....	230
8.6.3.4 Kontrol Momen <i>Crack</i> .....	232
8.7 Penulangan <i>Abutment</i> Jembatan .....	234
8.7.1 Penulangan Dinding <i>Abutment</i> .....	234
8.7.2 Tulangan Memanjang <i>Abutment</i> .....	235
8.7.3 Penulangan <i>Pilecap</i> Jembatan .....	236

## **BAB IX**

### **PENUTUP**

9.1 Kesimpulan.....	243
9.2 Saran.....	245

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>247</b>
-----------------------------	------------

### **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Lokasi Jembatan Pemali .....	2
Gambar 1.2	Kondisi Jembatan Pemali .....	3
Gambar 1.3	Tampak Memanjang Jembatan Pemali dengan Rangka Busur Baja .....	4
Gambar 2.1	Bagian-bagian Detail Baut Secara Umum .....	12
Gambar 2.2	Ukuran Las Sudut .....	13
Gambar 2.3	Komponen Dasar Penyusun LRB .....	15
Gambar 2.4	Variasi Bentuk LRB Hasil Fabrikasi .....	16
Gambar 2.5	Sifat Fleksibilitas <i>Rubber</i> .....	16
Gambar 2.6	<i>Hysteresis Loops</i> dari LRB pada tes .....	17
Gambar 2.7	Tampak dari <i>Lock-Up Device</i> .....	19
Gambar 2.8	Komponen <i>Lock-Up Device</i> .....	20
Gambar 2.9	<i>Abutment</i> Tipe Gravitasi .....	23
Gambar 2.10	<i>Abutment</i> Tipe T Terbalik .....	24
Gambar 2.11	<i>Abutment</i> Tipe dengan Penopang .....	25
Gambar 3.1	Diagram Alir .....	27
Gambar 3.2	Menentukan Tinggi Busur .....	30
Gambar 3.3	Sketsa Pembebanan UDL .....	32
Gambar 3.4	Ilustrasi Beban Hidup Truk .....	33
Gambar 3.5	Faktor Panjang Efektif .....	38
Gambar 3.6	Grafik untuk Menentukan Gaya Defleksi dan Momen <i>Crack</i> pada Tiang Pancang .....	44
Gambar 4.1	Pelat Lantai Kendaraan .....	47
Gambar 4.2	Ilustrasi Geser Pons pada Lantai Kendaraan .....	52
Gambar 4.3	Gelagar Memanjang dan Melintang Jembatan .....	52
Gambar 4.4	Garis Pengaruh akibat Beban Hidup .....	54
Gambar 4.5	Garis Pengaruh akibat Beban Truk .....	54
Gambar 4.6	Titik Momen Absolut pada Bentang Panjang .....	57
Gambar 4.7	Struktur Balok Sebelum Komposit .....	62

Gambar 4.8	Beban Mati Gelagar Melintang Sesudah Komposit .....62
Gambar 4.9	Perilaku Balok Komposit..... 63
Gambar 4.10	Kombinasi Beban UDL dan KEL..... 63
Gambar 4.11	Ilustrasi Pembebanan Truk ..... 64
Gambar 4.12	Pemodelan Pembebanan akibat UDL dan KEL pada Balok Melintang dengan SAP ..... 65
Gambar 4.13	Hasil Perhitungan Ledutan untuk Balok Melintang dengan SAP2000 ..... 66
Gambar 4.14	Pemodelan Pembebanan akibat Truk pada Balok Melintang dengan SAP2000 ..... 66
Gambar 4.15	Gambar Hasil Perhitungan Lendutan pada Balok Melintang akibat truk..... 66
Gambar 4.16	Ikatan Angin Atas Busur Jembatan ..... 69
Gambar 4.17	Ikatan Angin Bawah Busur Jembatan..... 69
Gambar 4.18	Luas $A_b$ pada Rangka dan Lantai Kendaraan Jembatan ..... 69
Gambar 4.19	Ikatan Angin pada Lantai Kendaraan ..... 70
Gambar 5.1	Sketsa Konstruksi Pemikul Utama Rangka Busur Baja pada Jembatan Pemali ..... 74
Gambar 5.2	Material Baja Ulir ( <i>Treadbar</i> ) untuk penggantung Busur..... 75
Gambar 5.3	Ilustrasi Baja Ulir ( <i>Threadbar</i> ) untuk Penggantung Busur..... 75
Gambar 5.4	Kombinasi Beban UDL + KEL ..... 77
Gambar 5.5	Denah Pembalokan Jembatan Busur Rangka Baja pada Jembatan Pemali ..... 78
Gambar 5.6	Kombinasi beban UDL ..... 81
Gambar 5.7	Kombinasi Beban KEL..... 82
Gambar 5.8	Pembagian Segmen Jembatan Busur..... 82
Gambar 5.9	Garis Pengaruh Batang 10 (Batang Merah) Akibat Beban Berjalan 1 Ton ..... 83

Gambar 5.10	Garis Pengaruh Batang 39 (Batang Merah) Akibat Beban Berjalan 1 Ton .....	84
Gambar 5.11	Garis Pengaruh Batang 87 (Batang Merah) Akibat Beban Berjalan 1 Ton .....	85
Gambar 5.12	Garis Pengaruh Batang 86 (Batang Merah) Akibat Beban Berjalan 1 Ton .....	86
Gambar 5.13	Garis Pengaruh Batang 7 (Batang Merah) Akibat Beban Berjalan 1 Ton .....	87
Gambar 5.14	Garis Pengaruh Batang 35 (Batang Merah) Akibat Beban Berjalan 1 Ton .....	88
Gambar 5.15	Garis Pengaruh Batang 81 (Batang Merah) Akibat Beban Berjalan 1 Ton .....	89
Gambar 5.16	Garis Pengaruh Batang 80 (Batang Merah) Akibat Beban Berjalan 1 Ton .....	90
Gambar 5.17	Garis Pengaruh Batang 4 (Batang Merah) Akibat Beban Berjalan 1 Ton .....	91
Gambar 5.18	Garis Pengaruh Batang 32 (Batang Merah) Akibat Beban Berjalan 1 Ton .....	92
Gambar 5.19	Garis Pengaruh Batang 75 (Batang Merah) Akibat Beban Berjalan 1 Ton .....	93
Gambar 5.20	Garis Pengaruh Batang 74 (Batang Merah) Akibat Beban Berjalan 1 Ton .....	94
Gambar 5.21	Garis Pengaruh Batang 51 (Batang Merah) Akibat Beban Berjalan 1 Ton .....	95
Gambar 5.22	Garis Pengaruh Batang 63 (Batang Merah) Akibat Beban Berjalan 1 Ton .....	96
Gambar 2.23	Ilustari Penampang Rangka Utama Busur dengan Menggunakan Profil <i>Square/Box</i> .....	98
Gambar 2.24	Posisi Batang 10 pada Rangka Busur Utama Jembatan .....	100
Gambar 2.25	posisi Batang 39 pada Rangka Busur Utama Jembatan .....	101

Gambar 2.26	Posisi Batang 87 pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	103
Gambar 2.27	Posisi Batang 86 pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	105
Gambar 2.28	Posisi Batang 7 pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	107
Gambar 2.29	Posisi Batang 35 pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	109
Gambar 2.30	Posisi Batang 81 pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	111
Gambar 5.31	Posisi Batang 80 pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	113
Gambar 5.32	Posisi Batang 4 pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	114
Gambar 5.33	Posisi Batang 32 pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	115
Gambar 5.34	Posisi Batang 75 pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	117
Gambar 5.35	Posisi Batang 74 pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	119
Gambar 5.36	Posisi Batang 51 pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	121
Gambar 5.37	Posisi Batang 63 pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	123
Gambar 5.38	Pemodelan 3 Dimensi Jembatan Busur Pemali .....	124
Gambar 5.39	Pemodelan Beban Mati pada Jembatan Busur Pemali .....	125
Gambbar 5.40	Pemodelan Beban UDL pada Jembatan Busur Pemali .....	125
Gambar 5.41	Pemodelan Beban KEL pada Jembatan Busur Pemali .....	126

Gambar 5.42	Pemodelan Beban Angin Rangka pada Jembatan Busur Pemali.....	126
Gambar 5.43	Pemodelan Beban Angin Lantai Kendaraan pada Jembatan Busur Pemali .....	127
Gambar 5.44	Pemodelan Beban Angin oleh Kendaraan pada Jembatan Busur Pemali .....	127
Gambar 5.45	Output Gaya Aksial Akibat Pembebanan KUAT I .....	128
Gambar 5.46	Output Gaya Aksial Akibat Pembebanan LAYAN .....	128
Gambar 5.47	Gaya Aksial pada Ikatan Angin Lantai Kendaraan .....	129
Gambar 5.48	Gaya Aksial pada Ikatan Angin Akhir Jembatan .....	131
Gambar 5.49	Gaya Aksial pada Ikatan Angin Rangka Jembatan .....	133
Gambar 5.50	Gaya Aksial Pada Ikatan Angin Horizontal Jembatan .....	135
Gambar 5.51	Gaya Aksial pada Ikatan Angin Silang Jembatan .....	137
Gambar 5.52	Gaya Aksial pada Kolom Portal Akhir Jembatan .....	139
Gambar 5.53	Besar Momen pada Balok Portal Akhir.....	142
Gambar 5.54	Lendutan Balok Portal Akhir Jembatan.....	145
Gambar 6.1	Penentuan Wilayah Gempa.....	151
Gambar 6.2	Grafik Penentuan Koefisien Geser Dasar “C” .....	152
Gambar 6.3	Beban Mati Total Jembatan .....	154
Gambar 6.4	Gaya Rem Kendaraan .....	155
Gambar 6.5	Permodelan Beban Gempa Arah X pada SAP2000 .....	156
Gambar 6.6	Permodelan Beban Gempa Arah Y pada SAP2000 .....	156

Gambar 6.7	Permodelan Beban Gaya Rem Kendaraan.....	157
Gambar 6.8	Brosur <i>Lock-Up Device</i> (Damper).....	158
Gambar 6.9	Permodelan <i>Lock-Up Device</i> (Damper) pada Jembatan .....	159
Gambar 7.1	Sambungan Balok Memanjang ke Balok Melintang.....	162
Gambar 7.2	Sambungan Balok Melintang ke Balok Memanjang .....	163
Gambar 7.3	Sambungan Ikatan Angin Rangka Jembatan .	165
Gambar 7.4	Sambungan Ikatan Angin Silang Rangka .....	166
Gambar 7.5	Sambungan Ikatan Angin Lantai Kendaraan .	169
Gambar 7.6	Sambungan Ikatan Silang Akhir Jembatan ....	171
Gambar 7.7	Denah Detail Sambungan Rangka Utama .....	180
Gambar 7.8	Detail Sambungan A Rangka Utama .....	180
Gambar 7.9	Detail Sambungan B Rangka Utama .....	181
Gambar 7.10	Detail Sambungan C Rangka Utama .....	181
Gambar 7.11	Detail Sambungan D Rangka Utama .....	182
Gambar 7.12	Detail Sambungan E Rangka Utama .....	182
Gambar 7.13	Detail Sambungan F Rangka Utama.....	183
Gambar 7.14	Detail Sambungan G Rangka Utama.....	183
Gambar 7.15	Detail Sambungan H Rangka Utama.....	184
Gambar 7.16	Ilustrasi Gaya yang bekerja pada Portal Akhir .....	185
Gambar 7.17	Hasil Momen pada Portal Akhir .....	185
Gambar 7.18	Ilustrasi Cara Pendekatan Baut Portal Akhir .	187
Gambar 7.19	Grafik Koefisien “C” untuk Zona Gempa 3 ..	191
Gambar 7.20	Faktor Tipe Bangunan Jembatan Menurut BMS .....	192
Gambar 7.21	Faktor Kepentingan Jembatan Menurut BMS .....	193
Gambar 7.22	Elastomer dengan <i>Sliding Surface</i> .....	194
Gambar 8.1	Grafik Daya Dukung Tanah untuk Pondasi Dalam .....	210



Gambar 8.2	<i>Section Properties</i> dari Tiang Pancang.....	211
Gambar 8.3	Grafik Gaya Rem yang Bekerja.....	214
Gambar 8.4	Desain <i>Abutment</i> Jembatan Pemali.....	215
Gambar 8.5	Tekanan Tanah Aktif dan Beban Lalu Lintas “q” .....	218
Gambar 8.6	Sketsa Pembagian Beban pada <i>Abutment</i> Jembatan dan Tanah dibalakang <i>Abutment</i> ....	222
Gambar 8.7	Sketsa Rencana Tiang Pancang <i>Abutment</i> .....	226
Gambar 8.8	Grafik Efisiensi Tiang Pancang .....	229
Gambar 8.9	Grafik Kolerasi N-SPT dan Cu.....	230
Gambar 8.10	Grafik antara $q_u$ dan $f$ .....	231
Gambar 8.11	Grafik antara L/T dan Koefisien Defleksi .....	232
Gambar 8.12	Grafik antara L/T dan Koefisien Momen .....	233

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Berbagai Macam Dimensi LRB.....	18
Tabel 2.2	Macam Dimensi dan Desain dari LUD.....	21
Tabel 3.1	Koefisien Seret.....	35
Tabel 3.2	Kecepatan Angin Rencana .....	36
Tabel 3.3	Harga Tarik Minimum .....	40
Tabel 5.1	Panjang Penggantung Busur Jembatan .....	74
Tabel 5.2	Data Teknis untuk Material Baja Penggantung ..	76
Tabel 5.3	Temperatur Jembatan Rata-rata Normal.....	79
Tabel 5.4	Sifat Bahan Rata-rata Akibat Pengaruh Temperatur .....	80
Tabel 5.5	Garis Pengaruh Batang 10 .....	83
Tabel 5.6	Garis Pengaruh Batang 39 .....	84
Tabel 5.7	Garis Pengaruh Batang 87 .....	85
Tabel 5.8	Garis Pengaruh Batang 86 .....	86
Tabel 5.9	Garis Pengaruh Batang 7 .....	87
Tabel 5.10	Garis Pengaruh Batang 35 .....	88
Tabel 5.11	Garis Pengaruh Batang 81 .....	89
Tabel 5.12	Garis Pengaruh Batang 80 .....	90
Tabel 5.13	Garis Pengaruh Batang 4 .....	91
Tabel 5.14	Garis Pengaruh Batang 32 .....	92
Tabel 5.15	Garis Pengaruh Batang 75 .....	93
Tabel 5.16	Garis Pengaruh Batang 74 .....	94
Tabel 5.17	Garis Pengaruh Batang 51 .....	95
Tabel 5.18	Garis Pengaruh Batang 63 .....	96
Tabel 5.19	Kombinasi Pembebanan pada Struktur.....	97
Tabel 5.20	Brosur Baja <i>Square/Box PT. Gunung Raja Paksi Steel</i> .....	98
Tabel 5.21	Brosur Dimensi Baja <i>Square/Box PT. Gunung Raja Paksi Steel</i> .....	99
Tabel 5.22	Rekap Desain Profil Jembatan Busur Pemali .....	147
Tabel 5.23	Perhitungan Manual Berat Struktur .....	148

Tabel 5.24	Perhitungan Berat Struktur dengan SAP2000.....	149
Tabel 6.1	Penentuan Faktor Tipe Bangunan .....	153
Tabel 6.2	Faktor Kepentingan.....	154
Tabel 6.3	Gaya yang Bekerja pada Titik Penempatan Damper .....	155
Tabel 6.4	Efektifitas Damper pada <i>Displacement</i> .....	160
Tabel 7.1	Tipe-Tipe Baut <i>Friction</i> .....	161
Tabel 7.2	Ukuran Minimum Las Sudut .....	161
Tabel 7.3	Berat Total Struktur Akibat Kombinasi Beban...	188
Tabel 7.4	<i>Section properties</i> dari Elastomer .....	195
Tabel 7.5	Sifat-sifat dari Elastomer .....	197
Tabel 8.1	Data Nilai NSPT .....	203
Tabel 8.2	Daya Dukung Tanah Jembatan Pemali D60 .....	205
Tabel 8.3	Klasifikasi dari Tiang Pancang PT. Wika Beton	212
Tabel 8.4	Kombinasi Pembebanan pada <i>Abutment</i> .....	213
Tabel 8.5	Kombinasi Beban Gesekan .....	213
Tabel 8.6	Reaksi di Perletakan akibat Beban Mati .....	216
Tabel 8.7	Kombinasi Pembebanan untuk Perencanaan Tegangan Kerja Jembatan.....	221
Tabel 8.8	Berat Total <i>Abutment</i> dan Tanah dibelakang <i>Abutment</i> .....	222
Tabel 8.9	Pembebanan pada Jembatan Busur Pemali.....	223
Tabel 8.10	Kombinasi Pembebanan <i>Abutment</i> Jembatan .....	224
Tabel 8.11	Konfigurasi P-maksimal Tiang Pancang Kelompok .....	228
Tabel 8.12	Kombinasi beban pada <i>pilecap</i> Jembatan .....	236
Tabel 8.13	Perhitungan Momen Ultimate akibat Reaksi Tiang arah X.....	237
Tabel 8.14	Perhitungan Momen dan Gayar Geser pada <i>pilecap</i> .....	237
Tabel 8.15	Perhitungan Momen Ultimate akibat Reaksi Tiang arah Y.....	239

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Transportasi merupakan alat yang sangat penting dalam perkembangan era global saat ini. Salah satu usaha yang menunjang transportasi adalah pembangunan infrastruktur jembatan. Dalam meningkatkan dan menunjang sarana transportasi keadaan jembatan harus dalam kondisi baik. Kondisi jembatan yang kurang baik dapat menghambat kelancaran transportasi serta menimbulkan permasalahan baik material maupun sosial. Contohnya jembatan Pemali sering kali mengalami kerusakan dari segi strukturalnya, sehingga perbaikan pada Jembatan Pemali dapat terjadi setiap bulannya dan menyebabkan kemacetan transportasi.

Jembatan Pemali terletak di wilayah Kota Brebes yang sesuai peta wilayah gempa masuk pada zona gempa 3. Jembatan Pemali merupakan jembatan tipe kelas nasional di jalur pantura yang menjadi perbatasan antara Kota Jakarta dan Semarang (lihat **Gambar 1.1**). Saat ini terdapat jembatan lama bertipe rangka batang terbuka dengan 2 lajur 2 arah, lebar 9 meter, 2 bentang dan panjang tiap bentang 50,292 meter yang terbagi menjadi beberapa segmen (lihat **Gambar 1.2**).



**Gambar 1.1** Lokasi Jembatan Pemali

Dengan meningkatnya volume lalu lintas saat ini, keadaan dari Jembatan Pemali sebagai tipe jembatan kelas nasional sangatlah perlu diperhatikan. Dengan kondisi jembatan yang perlu perbaikan terus menerus kurang bisa melayani volume lalu lintas yang ada. Untuk menghindari kegagalan struktur dalam meningkatkan infrastruktur, dibutuhkan jembatan baru yang selain kuat dalam memikul beban vertikal akibat kendaraan besar juga tahan terhadap gaya gempa pada Zona Gempa 3.

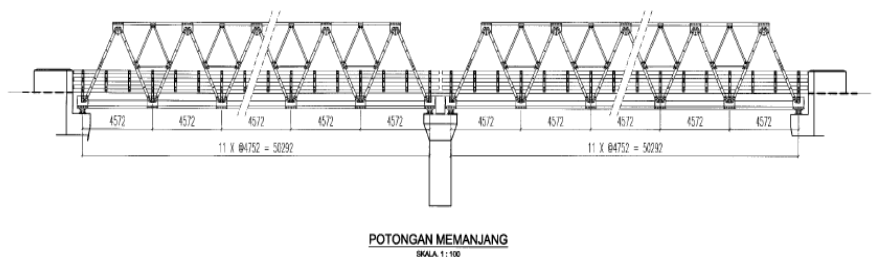
Dalam Tugas Akhir ini direncanakan Jembatan Pemali yang baru dengan konstruksi rangka busur baja. Konstruksi busur rangka baja dinilai lebih efektif untuk jembatan bentang panjang karena bentuk busur mengurangi momen lentur yang ada di lapangan, sehingga penggunaannya lebih efisien daripada gelagar paralel. Kontruksi dari busur baja dipilih karena memiliki kekuatan yang cukup tinggi dengan luas penampang relatif lebih ramping daripada material beton.

Pada perencanaannya Jembatan Busur Pemali ini terdiri dari 1 bentang dengan panjang total 103 meter dengan pilar yang ada di tengah Jembatan Pemali diasumsikan tidak ada. Perencanaan modifikasi dengan tipe busur dikarenakan untuk

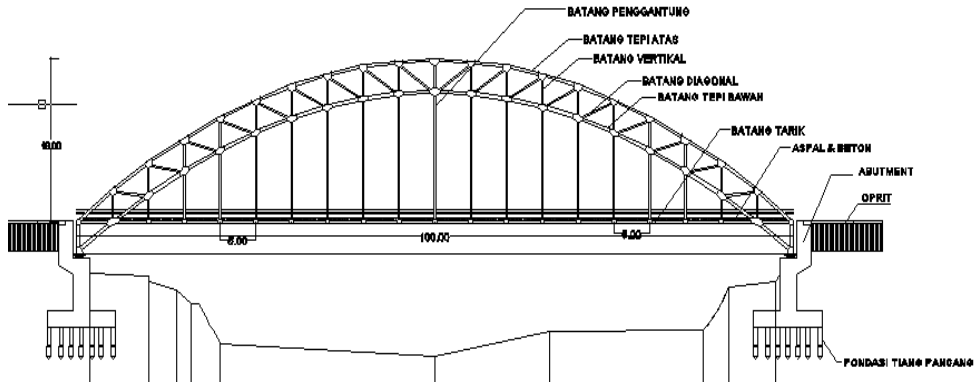
jembatan tipe rangka baja hanya memiliki batas bentang sepanjang 60 meter (lihat **Gambar 1.3**). Pemilihan jembatan busur rangka baja juga disesuaikan dengan lapangan karena kedalaman dasar sungai yang tidak terlalu dalam.

Salah satu tambahan pada Jembatan Pemali yang baru adalah pemberian damper dengan jenis LUD (*Lock-Up Device*) sebagai *longitudinal stopper*. Damper jenis LUD ini terlihat seperti sejenis dongkrak atau *shockbreaker* yang diletakkan pada pertemuan antara *abutment* dan jembatan busur baja. LUD menggunakan cairan khusus (gel silikon) yang menjadi bantalan khusus sebagai damper kontrol pasif (isolasi seismik). Damper jenis LUD ini berfungsi meminimalisir dan meredam pergerakan struktur saat gempa bumi terjadi, selain itu juga sebagai penahan gaya normal akibat rem kendaraan.

Dengan adanya Jembatan Busur Pemali ini diharapkan menjadi solusi dalam merancang sebuah jembatan yang kuat secara struktural dengan sistem busur yang dinilai lebih efisien dalam segi material. Dan dari segi estetika menjadi *landmark* tersendiri bagi Kota Brebes yang bisa meningkatkan perekonomian warga sekitar.



**Gambar 1.2** Kondisi Jembatan Pemali yang ada



**Gambar 1.3** Tampak Memanjang Jembatan Pemali dengan Rangka Busur Baja

## 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan utama pada Tugas Akhir ini adalah bagaimana merencanakan suatu konstruksi jembatan busur dengan struktur yang baik dan dilengkapi damper sebagai *longitudinal stopper*. sedangkan permasalahan detailnya antara lain :

1. Bagaimana merencanakan denah dan gambaran awal dari konstruksi jembatan rangka busur sesuai dengan kondisi lapangan yang ada?
2. Bagaimana menganalisa pembebanan dari konstruksi jembatan busur yang mengacu pada SNI T02-2005?
3. Bagaimana memodelkan struktur jembatan busur pada program SAP2000 disertai dengan damper?
4. Bagaimana perilaku struktur dan deformasi dengan adanya damper sebagai *longitudinal stopper* yang diakibatkan gempa dengan zona 3?



5. Bagaimana menuangkan hasil akhir perancangan modifikasi jembatan rangka busur ke dalam gambar teknik sesuai standar?

### 1.3 Tujuan

Tujuan utama pada Tugas Akhir ini adalah bagaimana merencanakan suatu konstruksi jembatan busur dengan struktur yang baik dan dilengkapi damper sebagai *longitudinal stopper*. sedangkan tujuan detailnya antara lain :

1. Dapat merencanakan lay out awal dari konstruksi jembatan rangka busur sesuai dengan kondisi lapangan yang ada.
2. Dapat menganalisa pembebanan dari konstruksi jembatan busur yang mengacu pada SNI T02-2005.
3. Dapat menganalisa konstruksi menggunakan damper sebagai *longitudinal stopper*.
4. Dapat mengetahui perilaku struktur dan deformasi yang diakibatkan gempa dengan zona 3.
5. Dapat membuat hasil akhir perancangan modifikasi jembatan rangka busur ke dalam gambar teknik sesuai standar.

### 1.4 Batasan Masalah

Perencanaan tugas akhir ini difokuskan adanya batasan masalah sebagai berikut :

1. Tidak menghitung analisa biaya konstruksi dan waktu.
2. Perencanaan tidak membuat metode pelaksanaan konstruksi.

3. Tidak merencanakan perkerasan dan desain dari jalan

## **1.5 Manfaat**

Penyusunan tugas akhir ini memberikan beberapa manfaat antara lain :

1. Adanya Jembatan Pemali rangka busur baja dapat menjadi jembatan yang kuat dari segi struktural serta menjadi landmark tersendiri dari kota Brebes, sehingga dapat meningkatkan perekonomian masyarakat sekitar.
2. Bagi penulis sendiri, dapat meningkatkan pengetahuan dan melatih *sense of engineering* dalam merencanakan jembatan, khususnya jembatan tipe rangka busur.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Jembatan**

Jembatan adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menghubungkan dua bagian jalan atau daerah yang terputus yang disebabkan adanya halangan atau rintangan seperti lembah yang dalam, alur sungai, danau, saluran drainase, saluran irigasi, jalan kereta, jalan raya yang melintang tidak sebidang dan lain-lain.

##### **2.1.1 Jenis-Jenis Jembatan Menurut Klasifikasinya**

1. Menurut kegunaanya
  2. Menurut jenis materialnya
  3. Menurut sistem struktur
- Menurut kegunaanya :
    1. Jembatan jalan raya (higway bridge)
    2. Jembatan pejalan kaki (footh path)
    3. Jembatan kereta api (railway bridge)
    4. Jembatan jalan air
    5. Jembatan jalan pipa
    6. Jembatan penyebrangan
  - Menurut Jenis Materialnya :
    1. Jembatan jalan raya (highway bridge)
    2. Jembatan kayu
    3. Jembatan baja
    4. Jembatan beton bertulang dan pratekan
    5. Jembatan komposit

- Menurut Jenis Strukturalnya :
  1. Jembatan dengan tumpuan sederhana (*simply supported bridge*)
  2. Jembatan menerus (*continous bridge*)
  3. Jembatan kantilever (*cantilever bridge*)
  4. Jembatan integral (*integral bridge*)
  5. Jembatan semi integral (*semi integral bridge*)
  6. Jembatan pelengkung tiga sendi (*arches bridge*)
  7. Jembatan rangka (*trusses bridge*)
  8. Jembatan gantung (*suspension bridge*)
  9. Jembatan kabel (*cable-stayed bridge*)
  10. Jembatan urung-urung (*culverts bridge*)

## 2.2 Konstruksi Busur

Umumnya yang dimaksud dengan jembatan busur adalah suatu konstruksi jembatan yang pada pembebanan oleh beban vertikal memberikan reaksi perletakan dalam arah horizontal. Pemberian bentuk busur dimaksudkan untuk mengurangi momen lentur pada jembatan, sehingga penggunaan bahan menjadi lebih efisien, dibandingkan dengan gelagar atau balok paralel.

### 2.2.1 Beberapa Jenis Konstruksi Busur

- a. Menurut sifat gaya horizontal pada busur :
  - Busur asli : reaksi horizontal (juga komponen reaksi lain : vertikal dan momen) diterima oleh perletakan, diteruskan ke pangkal jembatan atau pilar.
  - Busur dengan batang tarik : gaya horizontal pada busur diterima oleh bagian konstruksi busur, yaitu batang tarik.

- b. Pembagian menurut perletakan (jumlah sendi) :
- Busur terjepit
  - Busur dua sendi
  - Busur tiga sendi
- c. Pembagian menurut kedudukan lantai kendaraan :
- Busur dengan lantai kendaraan diatas (*deck arch*)
  - Busur dengan lantai kendaraan dibawah (*through arch*)
  - Busur dengan lantai kendaraan ditengah (*a half - through arch through arch*)
- d. Pembagian menurut jenis gelagar pemikul utama :
- Busur dinding penuh
  - Busur rangka batang
- e. Beberapa bentuk busur :
- Penampang puncak lebih kecil dari penampang pangkal, umumnya untuk busur terjepit.
  - Tinggi penampang sama untuk seluruh bagian busur, umumnya busur dinding penuh termasuk bentuk box.
  - Penampang puncak lebih besar dari penampang pangkal, umumnya untuk busur dua sendi.
- f. Khusus untuk busur dengan batang tarik, bentuk busur ditentukan juga oleh pembagian beban antara busur dengan batang tariknya :
- Busur sangat kaku dibandingkan dengan batang tarik sehingga momen sebagian besar dipikul busur, bentuk busur umumnya memiliki penampang puncak lebih kecil dari penampang pangkal
  - Busur sangat lemah dibandingkan dengan batang tarik yang sangat kaku dengan batang tarik

memikul sebagian besar momen, bentuk penampang busur sama untuk seluruh bagian busur.

- Diantara kedua keadaan diatas, momen dibagi antara busur dan batang tarik.

## 2.2.2 Pemilihan Jenis Konstruksi dan Bentuk Busur

Pemilihan jenis Konstruksi dan Bentuk Busur, antara lain ditentukan oleh :

### a. Keadaan tanah dasar :

- Tebing yang curam, kokoh dan tinggi lebih cocok busur dengan lantai kendaraan diatas
- Bila pada lantai kendaraan diatas pangkal busur terkena muka air, maka busur dengan lantai kendaraan di tengah
- Tanah yang kurang kuat untuk menerima reaksi horizontal busur bisa menambahkan batang tarik
- Untuk mengurangi besarnya gaya horizontal dari perletakan dapat dipikirkan alternatif suatu seri busur (rangkaian beberapa busur)

### b. Besarnya beban :

- Skema beban ringan : busur dinding penuh.
- Skema beban berat : busur rangka batang.

### c. Segi estetik :

- Kesan kelangsingan : penampang puncak lebih kecil dari penampang pangkal
- Kesan yang tenang : dinding penuh.

## 2.3 Sambungan

Setiap struktur adalah gabungan dari bagian-bagian tersendiri atau batang-batang yang harus disambung bersama (biasanya di ujung batang) dengan beberapa cara. Salah satu cara yang digunakan adalah

pengelasan, cara lain ialah menggunakan alat penyambung seperti paku keling dan baut.

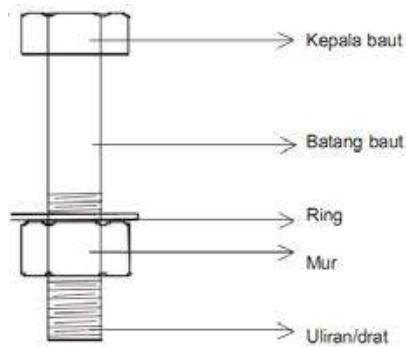
Fungsi sambungan, disamping menyatukan element-element pada suatu konstruksi menjadi satu kesatuan, juga berfungsi sebagai penyalur beban dari satu bagian ke bagian yang lain ( Marwan dan Isdarmanu 2006 ).

Berdasarkan AISC-LRFD pasal 5.3 jenis alat sambung baja terdiri dari :

- Baut, mur, dan ring
- Alat sambung mutu tinggi
- Las
- Penghubung geser jenis paku yang dilas
- Baut angker

### 2.3.1 Sambungan Baut

Baut adalah alat sambung dengan batang bulat dan berulir, salah satu ujungnya dibentuk kepala baut (umumnya bentuk kepala segi enam) dan ujung lainnya dipasang mur/pengunci (lihat **Gambar 2.1**). Ada dua jenis baut yang biasa dipakai pada kontruksi baja. Pertama adalah baut biasa yang dipakai pada struktur ringan yang menahan beban statis atau untuk menyambung batang-batang sekunder. Jenis yang kedua adalah baut tegangan tinggi (mutu tinggi) dengan pemasangan dikencangkan sedemikian rupa sehingga menahan suatu tekanan yang besar dan bisa menjepit dengan keras bagian-bagian struktur yang disambung.



**Gambar 2.1** Bagian-Bagian Detail Baut Secara Umum (Marwan dan Isdarmanu, 2006)

Beberapa kelebihan sambungan menggunakan baut antara lain :

- Lebih mudah dalam pemasangan konstruksi di lapangan.
- Konstruksi sambungan baut dapat dibongkar-pasang.
- Baut jenis *Baut Pass* kuat digunakan untuk konstruksi berat, termasuk jembatan.

### 2.3.2 Sambungan Las

Proses pengelasan merupakan proses penyambungan dua potong logam dengan cara memanaskan baja hingga mencapai suhu leleh dengan ataupun tanpa bahan pengisi. Pada umumnya mutu kawat las (bahan pengisi) lebih besar atau sama dengan mutu baja yang akan disambung. Pada pelaksanaannya terdapat beberapa tipe sambungan las antara lain :

#### a. Las Tumpul

Las tumpul adalah las yang dibuat pada celah antara ujung-ujung yang bersebelahan, tepi-tepi, atau permukaan dua bagian yang akan digabung pada *jointbutt*.

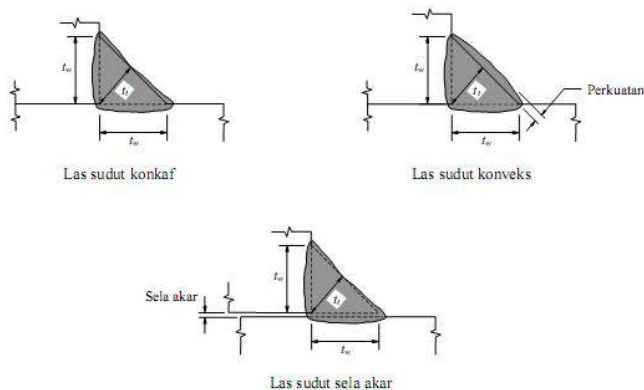


Ada beberapa bahan las tumpul yang dipakai, antara lain FE60XX, FE70XX, FE80XX, FE90XX, FE100XX, FE110XX. E adalah Elektrode, sedangkan 60 – 110 menunjukkan kekuatan tarik minimum dalam KSI ( $1\text{ksi} = 70.3\text{ kg/cm}^2$ ), dan digit dibelakangnya xx menunjukkan tipe coatingnya ( Marwan dan Isdarmanu 2006 )

#### b. Las Sudut

Las sudut adalah las yang secara teoritis mempunyai penampang melintang segitiga, yang menggabungkan dua permukaan yang kurang lebih mempunyai sudut siku, yaitu pada join lap, tee (T), dan *corner* (pojok).

Ukuran las sudut ditentukan oleh panjang kaki. Panjang kaki harus ditentukan sebagai panjang  $t_{w1}$ ,  $t_{w2}$ , dari sisi yang terletak sepanjang kaki segitiga yang terbentuk dalam penampang melintang las (lihat **Gambar 2.2** ). Bila kakinya sama panjang, ukurannya adalah  $t_w$ . Bila terdapat sela akar, ukuran  $t_w$  diberikan oleh panjang kaki segitiga yang terbentuk dengan mengurangi sela akar seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.2 ( SNI 03-1729-2002).



**Gambar 2.2** Ukuran las sudut (Marwan dan Isdarmanu, 2006)

Beberapa kelebihan sambungan yang menggunakan las :

- Konstruksi sambungan memiliki bentuk lebih rapi.
- Konstruksi baja dengan sambungan las memiliki berat lebih ringan, hanya berkisar 1 – 1,5% dari berat konstruksi, sedang dengan paku keling / baut berkisar 2,5 – 4% dari berat konstruksi.
- Pengerjaan konstruksi relatif lebih cepat ( tidak perlu membuat lubang-lubang baut, tak perlu memasang potongan baja siku / pelat penyambung, dan sebagainya).
- Luas penampang batang baja tetap utuh karena tidak dilubangi, sehingga kekuatannya utuh.

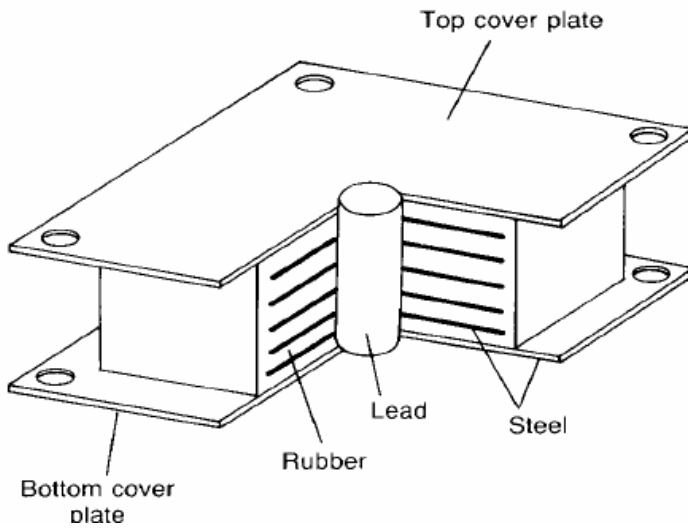
## 2.4 Damper Jembatan

### 2.4.1 *Lead Rubber Bearing (LRB)*

*Lead Rubber Bearing (LRB)* adalah salah satu sistem anti seismik base isolator yang banyak digunakan pada struktur untuk mereduksi gaya gempa. LRB ini terdiri dari beberapa lapisan karet alam atau sintetis yang mempunyai nisbah redaman kritis antara 2-5%. Untuk dapat menahan beban vertikal (tidak terjadi tekuk), maka karet diberi lempengan baja yang dilekatkan ke lapisan karet dengan sistem vulkanisir. Untuk meningkatkan redaman sistem ini, maka pada bagian tengahnya diberikan batangan bulat dari timah.

Produk dari LRB sangat bervariasi bentuknya (lihat **Gambar 2.4**). Tetapi pada umumnya LRB terdiri dari beberapa komponen dasar penyusun seperti terlihat pada **Gambar 2.3**.

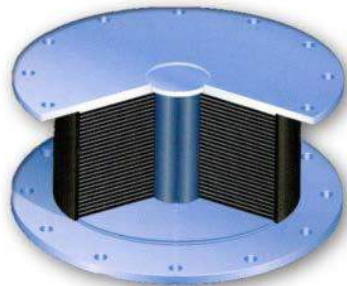
\



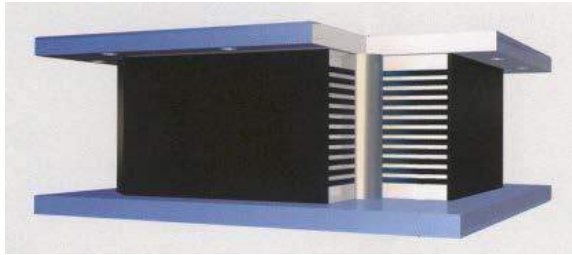
**Gambar 2.3** Komponen Dasar Penyusun LRB (Sohne, 2008)



(a) Produk LRB *FIP Industrial*



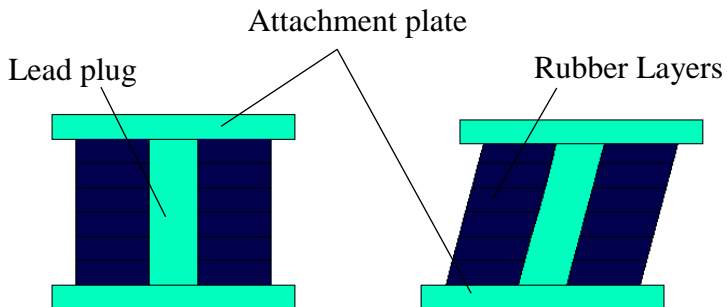
(b) Produk LRB dari *Aurotek*



(c) LRB produk *Aurotek* tipe *square*

**Gambar 2.4** Variasi Bentuk LRB Hasil Fabrikasi (Sohne, 2008)

Pada dasarnya cara perlindungan bangunan oleh LRB dicapai melalui pengurangan getaran gempa bumi ke arah horizontal dan memungkinkan bangunan untuk bergerak bebas saat berlangsung gempa bumi tanpa tertahan oleh pondasi. LRB dapat mengurangi daya reaksi gempa karena secara alami karet alam memiliki sifat fleksibilitas dan menyerap sebagaimana **Gambar 2.5**. Bantalan yang digunakan untuk melindungi gempa bumi dibuat dari kombinasi lempengan karet alam dan lempeng baja.



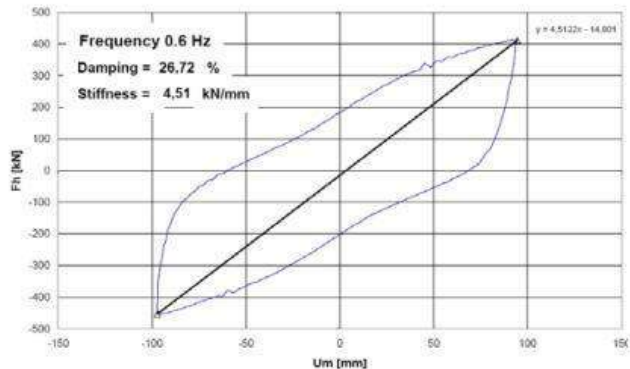
**Gambar 2.5** Sifat Fleksibilitas *Rubber* (karet) (Sohne, 2008)

Untuk bantalan karet pada LRB dengan luas bantalan diberikan  $A$ , modulus geser  $G$ , tinggi  $h$ , regangan geser yang diijinkan  $\gamma$ , bentuk  $S$  faktor, dan curah modulus  $K$  sebagai kekakuan horisontal dan periode getaran bisa dinyatakan sebagai

$$K = \frac{G \times A}{h} \quad (2.1)$$

$$T_0 = 2\pi \times \sqrt{\frac{M}{K}} = 2\pi \times \sqrt{\frac{m_0(k_0+k_1)}{A_g}} \quad (2.2)$$

Dimana  $A$  adalah *overlap* dari area atas dan bawah bantalan pada perpindahan maksimum. Nilai *typical* untuk penampang bantalan elastomer jembatan adalah  $G = 1$  mPa (145 psi),  $K = 200$  mPa (290 psi),  $\gamma = 0,9-1,4$ ,  $S = 3$  sampai 40. Variabilitas utama terletak pada  $S$ , yang merupakan fungsi dari dimensi rencana dan ketebalan lapisan karet. Kurva histeresis yang terkait ditunjukkan pada **Gambar 2.6**.



**Gambar 2.6** *Hysteresis loops* dari LRB pada hasil tes di Jerman (Sohne, 2008)

Terdapat berbagai macam ukuran LRB yang disesuaikan dengan kebutuhan. **Tabel 2.1** berikut ini adalah produk LRB dari *Maurer Sohne*.

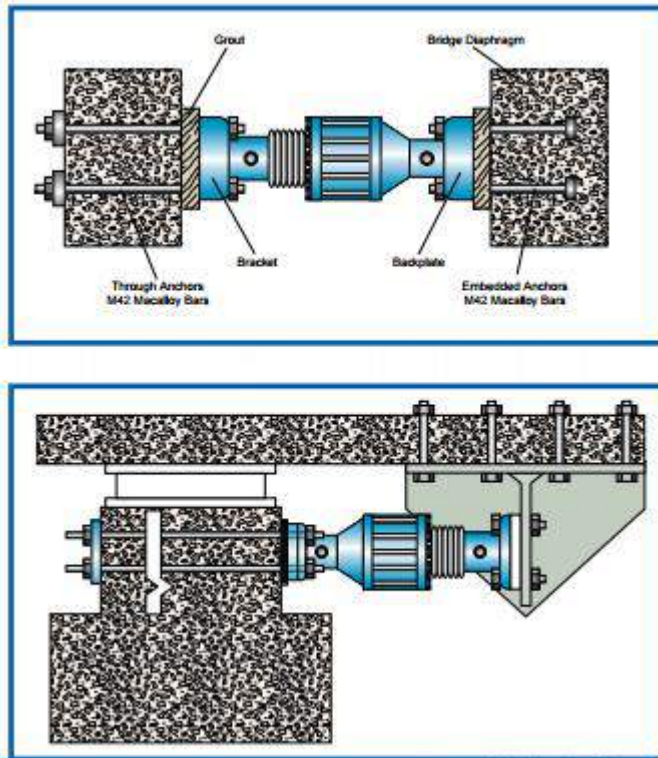
**Tabel 2.1** Berbagai Macam Dimensi LRB (Sohne, 2008)

Vertical load* (MN)	Outline dimensions of isolator without anchor studs length (L) x width (W) or diameter (D) [mm]	Dimensions of rubber pad length (l) x width (w) or diameter (d) [mm]							
			Height values				Rubber layer thickness		
			Rubber height		Isolator height **		total		single layer
			min [mm]	max [mm]	min [mm]	max [mm]	min [mm]	max [mm]	[mm]
0,37 / 0,45	280 x 170 / 280 x 220	100 x 150 / 100 x 200	49	60	79	90	16	24	8
0,67 / 0,84 / 1,0 0,70 / 1,1	330 x 220 / 330 x 270 / 330 x 320 Ø 380 / Ø 430	150 x 200 / 150 x 250 / 150 x 300 Ø 200 / Ø 250	49	71	79	101	16	32	8
1,12 / 1,35 / 1,57 1,8 / 1,59	380 x 270 / 380 x 320 / 380 x 320 380 x 420 / Ø 480	200 x 250 / 200 x 300 / 200 x 350 200 x 400 / Ø 300	58	93	88	123	24	48	8
1,68 / 2,25 / 2,16	430 x 320 / 430 x 420 / Ø 530	250 x 300 / 250 x 400 / Ø 350	58	104	88	134	24	56	8
2,7 / 3,37 / 4,05 2,82 / 3,57	480 x 420 / 480 x 520 / 480 x 620 Ø 580 / Ø 630	300 x 400 / 300 x 500 / 300 x 600 Ø 400 / Ø 450	84	132	124	172	36	72	12
3,54 / 4,41	530 x 470 / Ø 680	350 x 450 / Ø 500	84	148	124	188	36	84	12
4,5 / 5,4 / 5,34	580 x 520 / 580 x 620 / Ø 730	400 x 500 / 400 x 600 / Ø 550	100	164	140	204	48	96	12
6,07 / 6,36	630 x 620 / Ø 780	450 x 600 / Ø 600	100	164	140	204	48	108	12
6,75 / 7,46	680 x 620 / Ø 830	500 x 600 / Ø 650	100	164	140	204	48	120	12
8,1 / 9,45 8,65 / 9,94	780 x 630 / 780 x 730 Ø 880 / Ø 930	600 x 600 / 600 x 700 Ø 700 / Ø 750	119	224	159	264	64	144	16
11,02 / 12,6 11,3 / 12,76	880 x 730 / 880 x 830 Ø 980 / Ø 1030	700 x 700 / 700 x 800 Ø 800 / Ø 850	119	224	159	264	64	160	16
14,4 / 14,3	980 x 830 / Ø 1080	800 x 800 / Ø 900	135	305	175	345	80	220	20
18,2	1080 x 930	900 x 900	135	305	175	345	80	220	20

## 2.4.2 Lock-Up Device (LUD)

*Lock-Up Device* (LUD) adalah alat yang memberikan suatu hubungan yang kaku (rigid) antara dek jemabatan dengan abutment atau pilar jalan layang, sehingga pada akibat beban yang cepat dengan durasi yang pendek seperti gempa, tabrakan, rem, gaya tersebut akan disalurkan ke perletakkan. Akibat beban yang terjadi perlahan-lahan seperti suhu, susut, rangkak maka tidak terjadi hubungan kaku sehingga tidak terjadi penyaluran gaya. *Lock Up Device* merupakan komponen dari teknologi

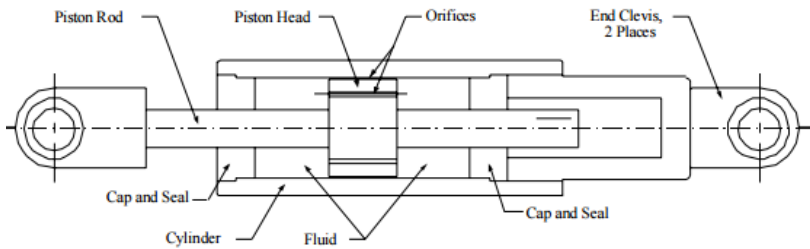
terbaru berbasis damper fluida. Jenis dari LUD ini terlihat seperti dongkrak atau *shockbreaker* yang diletakkan pada pertemuan antara tiang dan segmen dari jembatan. (dapat dilihat pada **Gambar 2.7**)



**Gambar 2.7** Tampak dari Lock-Up Device (LUD) (CI, 2000)

Prinsip kerja LUD sangat sederhana, untuk tiang dan badan jalan seperti berbentuk huruf T. Dimana garis melintang sebagai badan jalan. Gerakan LUD pada saat terjadi gempa akan berlangsung dari arah kiri ke kanan atau sebaliknya. LUD memiliki cairan khusus (gel silikon) yang menjadi bantalan untuk

meredam guncangan akibat gempa (lihat **Gambar 2.8**). Pada saat terjadi beban dinamik durasi singkat, perangkat akan terkunci dan akan mengirim beban melalui struktur. LUD membuat struktur lebih kaku tanpa adanya retakan pada saat beban kejut terjadi, sehingga mampu untuk membagi beban ke seluruh struktur.



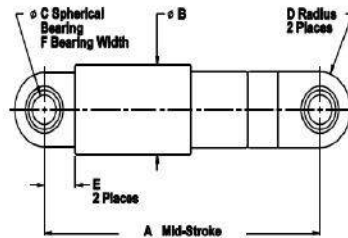
**Gambar 2.8** Komponen *Lock-Up Device*

Terdapat berbagai macam ukuran LUD yang disesuaikan dengan kebutuhan. **Tabel 2.2** berikut ini adalah produk LUD dari *CILUD*.



**Tabel 2.2** Macam Dimensi dan Desain dari LUD (CI, 2000)

**High Capacity  
Lock-Up Devices**  
10 kip to 2000 kip Output



**Dimensional Data**

Model	Stroke	A Inches	B Inches	C Inches	D Inches	E Inches	F Inches
10 kip	12" (36")	48	5.0	1.25	1.4	1.25	1.1
50 kip	12" (36")	53	7.0	1.6	1.9	2.0	1.3
100 kip	12" (36")	53	7.5	2.6	3.2	4.75	2.2
200 kip	12" (36")	54	8.0	2.75	3.3	5.0	2.4
300 kip	12" (36")	60	11.5	3.0	4.25	5.25	2.7
600 kip	12" (36")	77	16.0	6.0	7.5	10.0	4.8
1000 kip	12" (36")	88	23.0	6.0	9.0	14.25	4.8
2000 kip	12" (36")	102	26.0	8.0	11.0	17.0	6.0

**NOTE:**

Various strokes available, from 2 inches to 120 inches. Any stroke change from the 12 inch stroke version depicted changes extended length by two and one half inches per inch of total stroke change.

**EXAMPLE:**

200 kip x 8 inch stroke, mid-stroke length is  $54 + 2.5 (12 - 8) = 44$  inches.

## 2.5 Abutment Jembatan

Pada jembatan yang disebut kepala jembatan (*abutment*) yang merupakan bagian bawah bangunan jembatan, abutment memiliki tugas untuk memikul semua beban yang bekerja pada jembatan. Serta meneruskan beban yang dipikul jembatan menuju tanah dengan aman serta menerima tekanan dan diteruskan kepada pondasi.

Selain beban-beban yang bekerja, *abutment* juga perlu memperhitungkan kondisi lingkungan seperti gempa, *scouring* (gerusan), angin, dan penyebab lainnya. Ada berbagai bentuk dan jenis *abutment* tetapi dalam pemilihannya dipertimbangkan dengan melihat bentuk dari bangunan atas jembatan. Bentuk

struktur umum *abutment* identik dengan struktur *retaining wall* (tembok penahan tanah), tetapi berbeda dari perencanaan beban yang bekerja di atasnya.

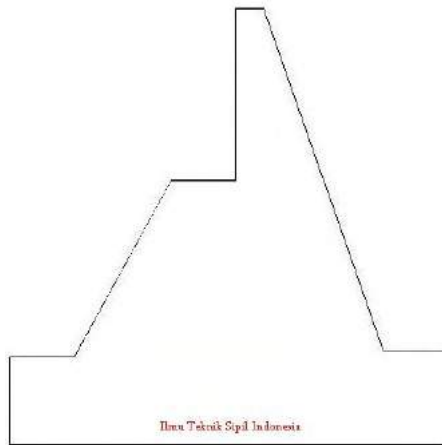
Fungsi dari retaining wall (*abutment*) antara lain :

1. Memberikan kestabilan struktur bangunan jalan atau jembatan
2. Mengstabilkan lereng-lereng akibat longsor tanah
3. Menahan gerusan di alur sungai
4. Memberikan perlindungan pada tebing di tepi jalan atau pada tepi sungai

Adapun jenis-jenis *abutment* terdiri beberapa tipe, antara lain :

#### 2.5.1 *Abutment* tipe Gravitasi

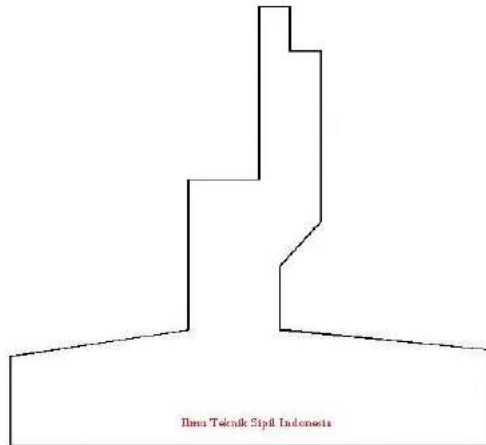
Memperoleh kekuatan dan ketahanan terhadap gaya-gaya yang bekerja dengan berat sendiri. Karena bentuknya sederhana dan dalam pelaksanaannya tidak begitu rumit. *Abutment* ini sering digunakan pada jembatan dengan struktur yang tidak terlalu tinggi dan tanah pondasinya yang baik. Pada umumnya material yang digunakan terbuat dari batu kali atau beton (lihat **Gambar 2.7**). Biasanya *abutment* ini digunakan pada jembatan dengan bentang yang tidak terlalu panjang.



**Gambar 2.9** *Abutment Tipe Gravitasi* (civeng, 2015)

#### 2.5.2 *Abutment* tipe T Terbalik

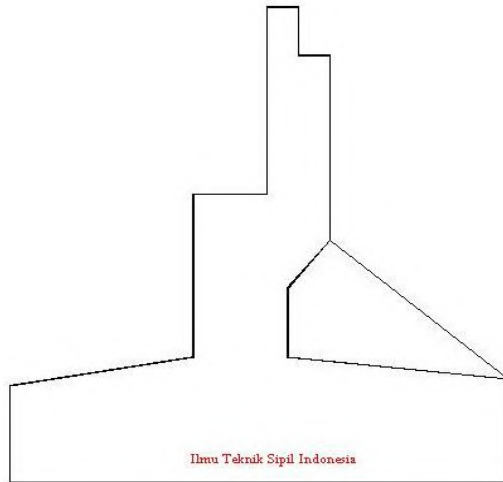
*Abutment* tipe T terbalik merupakan tipe tembok penahan dengan balok kantilever tersusun dari suatu tembok memanjang dan sebagai suatu pelat kekuatan dari tembok. Ketahanan dari tembok penahan berasal dari berat sendiri serta berat tanah diatas pelat tumpuan/tumit. Dimana *abutment* ini terlihat lebih langsing daripada *abutment* dengan tipe gravitasi (lihat **Gambar 2.8**). Pada umumnya *abutment* ini digunakan pada konstruksi lebih tinggi dan material yang digunakan beton bertulang.



**Gambar 2.10** *Abutment* Tipe T Terbalik (civeng, 2015)

### 2.5.3 *Abutment* tipe dengan Penopang

*Abutment* ini hampir sama dengan abutment tipe T terbalik, tetapi jenis ini diberi penopang pada sisi belakangnya (*counterfort*) yang bertujuan untuk memperkecil gaya yang berkerja pada tembok memanjang dan pada tumpuan. *Abutment* ini biasanya digunakan untuk konstruksi dengan struktur tinggi dan material yang digunakan beton bertulang (lihat **Gambar 2.9**).



**Gambar 2.11** Abutment Tipe Penopang (civeng, 2015)

## 2.6 Pondasi

Pondasi adalah merupakan suatu struktur pendukung utama dari struktur bangunan yang berfungsi meneruskan dan menyebarkan beban yang diterimanya dari struktur atas bangunan ke lapisan tanah pendukung, Fungsi utamanya adalah untuk menahan beban bangunan yang ditimbulkan oleh konstruksi yang berada di atasnya tanpa mengakibatkan:

1. Keruntuhan geser tanah
2. Penurunan (Settlement)

tanah/pondasi yang berlebihan. Bangunan yang lebih berat pada umumnya tidak dapat diletakkan pada pondasi dangkal, karena umumnya tanah lapisan atas terdiri dari tanah yang tidak cukup keras (kuat) untuk memikul beban yang berat. Untuk menunjang suatu struktur bangunan yang mempunyai

beban yang besar dan berat, maka pada bangunan sipil biasanya digunakan suatu pondasi dalam yang berupa tiang pancang (Bowles, 1988).

Jenis - Jenis Pondasi :

a. Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal adalah pondasi yang mendukung beban secara langsung. Pada umumnya suatu pondasi dikatakan pondasi dangkal jika  $D/B < 1$ . Dimana nilai D adalah kedalaman dari pondasi dan nilai B adalah lebar pondasi. Dan tanah pendukung pondasi terletak pada permukaan tanah atau kedalaman 2-3 m kebawah permukaan tanah. Adapun jenis-jenis pondasi dangkal sebagai berikut:

1. Pondasi telapak dan pondasi memanjang
2. Pondasi Rakit (*Raft Foundation* atau *Mat Foundation*)
3. Pondasi Sistem Cakar Ayam

b. Pondasi Dalam Pondasi dalam didefinisikan sebagai pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak relative jauh dari permukaan. Pondasi dalam digunakan bila lapisan tanah didasar pondasi tidak mampu mendukung beban yang dilimpahkan dan terletak cukup dalam. Atau dengan pertimbangan adanya pengrusakan dan galian dekat pondasi dikemudian hari. Umumnya dikatakan pondasi dalam apabila  $D > 4B$  sampai  $5B$ , dimana nilai D adalah kedalaman dan nilai B adalah lebar dari pondasi.

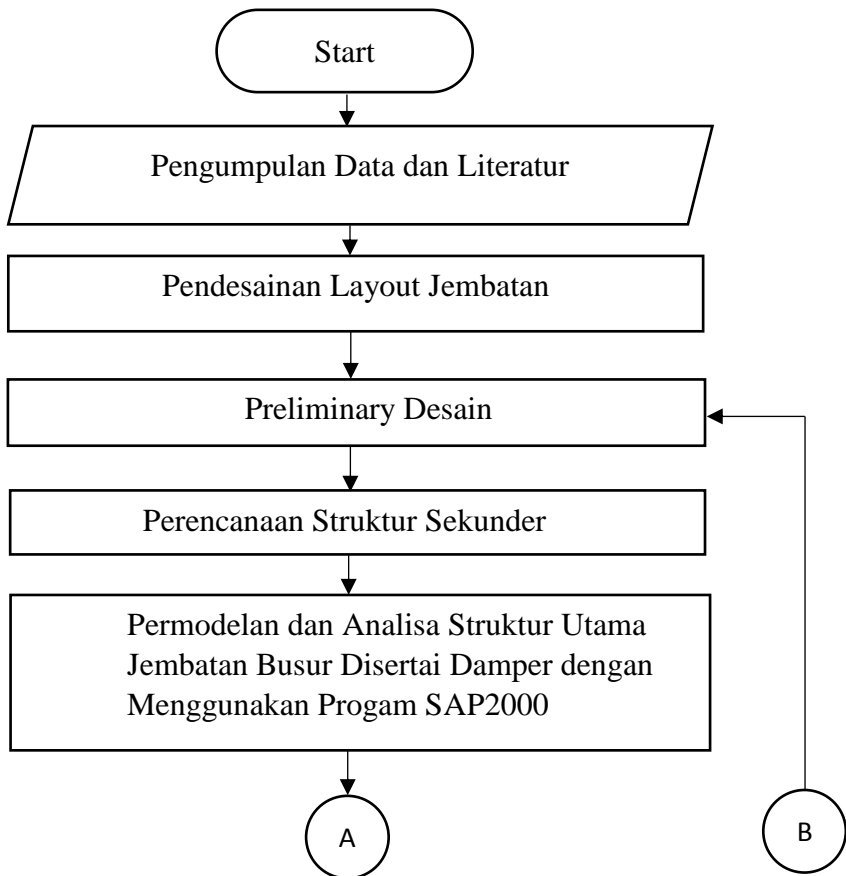
Adapun jenis-jenis pondasi dalam adalah sebagai berikut :

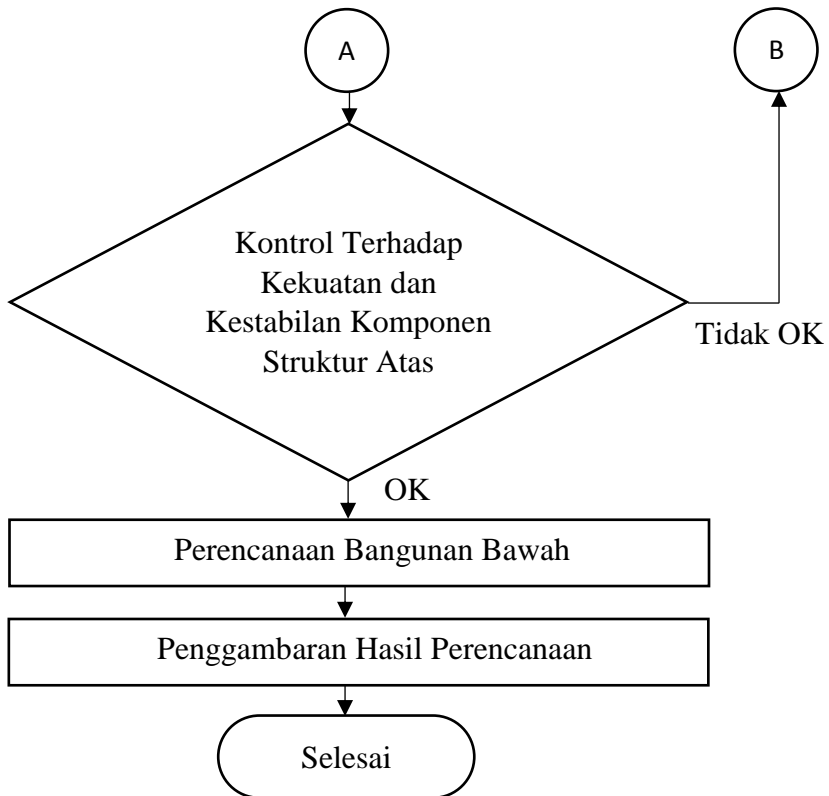
1. Pondasi Sumuran (*Pier Foundation*)
2. pondasi Kaison
3. Pondasi Tiang

## BAB III METODOLOGI

### 3.1. Urutan Pengerjaan

Berikut ini adalah langkah-langkah dalam mengerjakan Tugas Akhir ini yang digambarkan dengan diagram alir pada **Gambar 3.1**





**Gambar 3.1** Diagram Alir

### 3.2. Penjelasan

Secara garis besar langkah-langkah ini mencakup beberapa pokok, antara lain :

#### 3.2.1 Studi literatur

Melakukan studi literatur dengan berpedoman beberapa standar peraturan sebagai bahan pustaka dalam pengerjaan tugas akhir, antara lain :



- a. Bridges Management System (BMS 1992)
- b. RSNI T-02-2005 (standar pembebanan untuk jembatan)
- c. SNI 03-2847-2002 (untuk perhitungan pelat lantai)
- d. RSNI T-03-2005 (struktur baja untuk jembatan)
- e. SNI 03-1729-2002 (perencanaan struktur baja)
- f. SNI 2833-2008 (gempa jembatan)
- g. SNI 1725-2016 (pembebanan jembatan)

### 3.2.2 Pengumpulan data

Data yang diperlukan antara lain :

- Bentang jembatan : 100 meter
- Data tanah : Standar Penetrasi Test
- Lokasi : Brebes, Jawa Tengah
- Ruas Jalan : Jakarta-Semarang
- Letak Jembatan : 7.5 km dari pantai
- Zona wilayah gempa : 3

### 3.2.3 Preliminary Design

#### a. Penentuan mutu bahan yang digunakan :

- Mutu Beton ( $f'c$ ) = 24 MPa.
- Mutu Baja Tulangan ( $f_y$ ) = 40 MPa.
- Struktur utama BJ 50 ( $f_y$ ) = 290 MPa.
- Mutu baut sambungan menggunakan ASTM A325-A490 untuk sambungan baut antar profil sedangkan sambungan *base plate* dengan pondasi menggunakan ASTM A307.
- Mutu las yang digunakan adalah E70xx.

#### b. Memperkirakan tebal pelat lantai kendaraan

Pelat lantai yang berfungsi sebagai jalan kendaraan pada jembatan harus mempunyai tebal minimum  $t_s$ , yang memenuhi kedua ketentuan berikut :

$$t_s \geq 200 \text{ mm dan } t_s \geq 100 + 40 L \text{ (m),}$$

dimana L adalah bentang dari pelat lantai antara pusat tumpuan dan  $t_s$  diberikan dalam millimeter (BMS 6.7.1.2).

### c. Menentukan dimensi busur

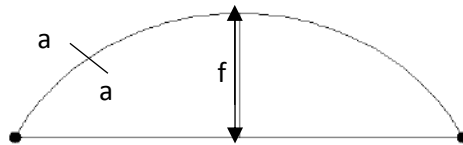
- Tinggi busur :

Menentukan tinggi busur dapat dilihat pada **Gambar 3.2** dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Syarat} : \frac{1}{6} \leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{5} \text{ atau } 0.167 \leq \frac{f}{L} \leq 0.200$$

$f$  : tinggi busur

$L$  : bentang busur



**Gambar 3.2** Menentukan Tinggi Busur (Irawan, 2007)

- Tinggi Tampang Busur :

$$\text{Syarat} : \frac{1}{40} \leq \frac{t}{L} \leq \frac{1}{25} \text{ (rangka batang)}$$

$t$  : tinggi penampang busur

$L$  : bentang busur

- Lebar jembatan :

$$\text{Syarat} : \frac{b}{L} \geq \frac{1}{20}$$

$b$  : jarak perletakan kiri-kanan paling luar

- Panjang Penggantung Busur

Panjang penggantung busur dapat dicari dengan persamaan sumbu geometrik busur.

$$y_n = \frac{4 \cdot f \cdot x \cdot (L-x)}{L^2} \quad (3.1)$$

#### d. Pembebanan

Pembebanan yang bekerja pada struktur ini terdiri dari beban mati (berat sendiri dan beban mati tambahan), beban hidup, beban angin dan beban gempa.

##### a. Berat Mati

Beban mati pada perencanaan ini meliputi berat sendiri dari masing – masing elemen struktur seperti berat *I-Girder*, Pelat lantai kendaraan dan aspal. Besarnya beban -beban mati tersebut dapat dilihat sebagai berikut :

$$\text{Beton} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Aspal} = 2200 \text{ kg/m}^3$$

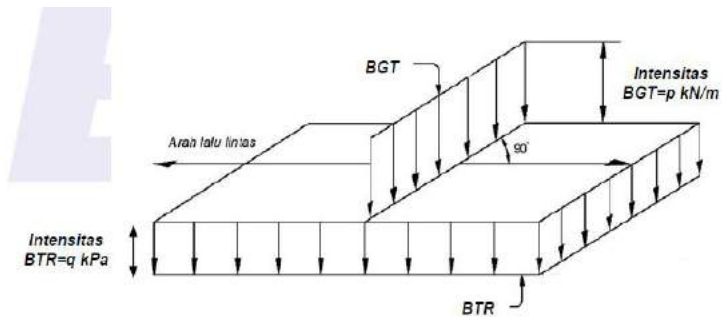
##### b. Beban Hidup UDL (*Uniform Dead Load*)

Pembebanan menurut SNI 1725-2016, untuk beban hidup UDL diambil sebagai fungsi terhadap panjang jembatan dimana besarnya beban hidup UDL yang diambil dapat direncanakan sebagai berikut :

- Untuk panjang bentang jembatan (L) lebih kecil sama dengan 30 m maka besarnya beban hidup UDL dapat diambil sebesar 9 kPa.
- Untuk panjang bentang jembatan (L) lebih besar dari 30 m maka besarnya beban hidup UDL dapat diambil sebesar  $9(0.5+15/L)$  kPa.

Berdasarkan SNI T02-2005, ilustrasi pembebanan UDL dapat dilihat pada **Gambar 3.2**. Konfigurasi pembebanan tertentu untuk elemen-elemen struktur tertentu juga harus diperhatikan untuk mendapatkan bentuk pembebanan yang memberikan gaya paling maksimum (Maksimum-Maksimum). Besarnya *Dynamic Load*

*Allowance* (DLA) untuk beban UDL ini diambil sebesar 30 % untuk panjang bentang kurang dari 50 m. Contoh pembebanan hidup UDL dapat dilihat pada **Gambar 3.3**.



**Gambar 24 - Beban lajur "D"**

**Gambar 3.3** Sketsa Pembebanan UDL (SNI 17250-2016)

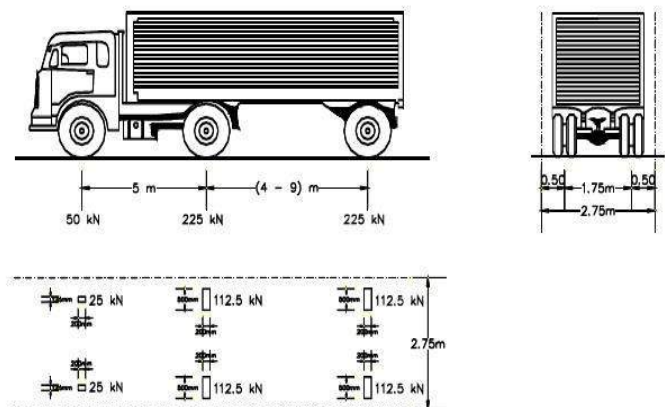
### c. Beban Hidup KEL ( *Knife Edge Load* )

Pembebanan menurut SNI 17250-2016, untuk beban hidup KEL diambil sebagai fungsi terhadap panjang jembatan dimana besarnya beban hidup KEL diambil sebesar 49 kN/m.

Konfigurasi pembebanan tertentu untuk elemen-elemen struktur tertentu juga harus diperhatikan untuk mendapatkan bentuk pembebanan yang memberikan gaya paling maksimum (Maksimum-Maksimorum). Besarnya *Dynamic Load Allowance* (DLA) diambil sebesar 30% untuk panjang bentang kurang dari 50 m.

#### d. Beban Hidup Truk “T” (*Truck Load*)

Pembebanan menurut SNI 1725-2016, untuk beban hidup Truk konfigurasi pembebanan dapat dilihat pada **Gambar 3.4**. Besarnya jarak beban gandar variable antara 4 hingga 9 meter. Untuk jembatan yang memiliki bentang yang panjang umumnya kondisi pembebanan menggunakan Truk tidak dominan tetapi yang dipakai umumnya menggunakan beban UDL.



**Gambar 3.4** Ilustrasi Beban Hidup *Truck*  
(SNI 17250-2016)

#### e. Koefisien Pembebanan

Koefisien pembebanan pada jembatan dimaksudkan agar perencanaan mencapai kondisi ultimate maka beban tersebut harus dikalikan dengan koefisien pembebanan ultimate. Koefisien pembebanan berdasarkan Bridge Management System (BMS) dapat dilihat sebagai berikut :

1. Koefisien beban Truck (KUTT ) = 2
2. Koefisien berat material beton (KUMS ) = 1.3
3. Koefisien beban lajur lalu lintas (KUTD ) = 2

#### **f. Beban Pejalan Kaki**

Trotoar yang terdapat pada jembatan harus diperhitungkan adanya beban pejalan kaki sebesar 500 kg/m.

#### **g. Beban Angin Rangka**

Gaya nominal ultimit dan daya layan jembatan akibat angin tergantung kecepatan angin rencana sebagai berikut :

$$T_{EW} = 0.0006C_W(V_W)^2 A_b \quad (3.2)$$

Dimana :

$V_W$  : Kecepatan angina rencana (m/s) untuk keadaan batas yang ditinjau.

$C_W$  : Koefisien seret

$A_b$  : luas koefisien bagian samping jembatan.

Luas ekivalen bagian samping jembatan adalah luas total bagian yang massif dalam arah tegal lurus sumbu memanjang jembatan. Untuk jembatan rangka luas ekivalen dianggap 30 % dari luas yang dibatasi oleh batang-batang bagian terluar.

Apabila suatu kendaraan sedang berada pada permukaan lantai maka besarnya beban angin dapat dihitung sebagai berikut :

$$T_{EW} = 0.0012C_w(V_w)2A_b \quad (3.3)$$

Dimana nilai  $C_w$  diambil sama dengan 1.2. hal ini berbeda dengan beban angin yang bekerja pada rangka dengan koefisien seret ( $C_w$ ) diambil seperti pada **Tabel 3.1**.

**Tabel 3.1** Koefisien Seret (RSNI T-02-2005)

Tipe Jembatan	$C_w$
Bangunan atas masif (1), (2)	
$b/d = 1.0$	2.1 (3)
$b/d = 2.0$	1.5 (3)
$b/d \geq 6.0$	1.25 (3)
Bangunan rangka atas	1.2
<p>CATATAN (1) <math>b</math> = lebar keseluruhan jembatan dihitung dari sisi luar sandaran</p> <p><math>d</math> = tinggi bangunan atas, termasuk tinggi bagian sandaran yang masif</p> <p>CATATAN (2) Untuk harga antara dari <math>b/d</math> bisa diinterpolasi linier</p> <p>CATATAN (3) Apabila bangunan atas mempunyai elevasi, <math>C_w</math> harus dinaikkan sebesar 3% untuk setiap derajat superelevasi, dengan kenaikan maksimum 2.5%</p>	

Besarnya kecepatan angin rencana yang akan digunakan bergantung daripada kondisi letak struktur jembatan yang ada. Beberapa parameter tersebut dapat dilihat pada **Tabel 3.2**.

**Tabel 3.2** Kecepatan Angin Rencana (RSNI T-02-2005)

Keadaan batas	Lokasi
---------------	--------

	Sampai 5 km dari pantai	5 km dari pantai
Daya layan	30 m/s	25 m/s
Ultimit	35 m/s	30 m/s

### **h. Beban Gempa**

Beban gempa yang digunakan sesuai SNI 2833 2008S, dimana wilayah gempa terbagi sesuai percepatan respon spektrumnya.

#### **3.2.4 Merencanakan Struktur Sekunder**

Dalam merencanakan struktur sekunder berpedoman pada peraturan SNI 17250-2016 (standar pembebanan untuk jembatan) untuk mendapatkan ukuran profil struktur sekunder jembatan busur yang akan digunakan.

#### **3.2.5 Merencanakan Rangka Utama Jembatan**

1. Struktur batang tarik  
Struktur tarik adalah bagian dari struktur bangunan yang menerima beban normal tarik. (Marwan dan Isdarmanu, 2006)

Kontrol batang tarik :

Batasan kekuatan (SNI 03-1729-2002, bab 10.1)

$$P_u \leq \phi R_n \quad (3.4)$$

$P_u$  – gaya tarik akibat beban berfaktor

$R_n$  – kuat rencana tarik

$\phi$  – faktor reduksi

$$\text{Kontrol leleh: } P_u \leq \phi f_y A_g \quad \phi = 0,9 \quad (3.5)$$



(Pada tengah bentang)

$$\text{Kontrol patah : } P_u \leq \phi f_u A_e \quad \phi = 0,75 \quad (3.6)$$

(pada daerah sambungan)

$A_g$  = luas penampang utuh (gross)

$f_y$  = tegangan leleh bahan

$A_e$  = luas penampang efektif

$F_u$  = tegangan putus bahan

## 2. Struktur Batang Tekan

Struktur tekan adalah bagian struktur yang menerima gaya normal tekan. Beban yang cenderung membuat batang bertambah pendek akan menghasilkan tegangan tekan pada batang tersebut. (Marwan dan Isdarmanu, 2006)

Kekuatan Batang Tekan (SNI T-03-2005)

$$N_u = \phi_n N_n \quad \phi_n = \text{faktor reduksi} = 0.85 \quad (3.7)$$

$N_n$  = kuat tekan nominal komponen

$$N_n = (0.66^{\lambda_c^2}) A_g f_y \quad \text{untuk } \lambda_c \leq 1,5 \quad (3.8)$$

$$N_n = \frac{(0.88)}{\lambda_c^2} A_g f_y \quad \text{untuk } \lambda_c \geq 1,5 \quad (3.9)$$

$$\lambda_c = \frac{L_k}{r\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} ; L_k = K_c L \quad (3.10)$$

Dimana,











$A_g$  = luas penampang bruto

$F_y$  = tegangan leleh

$\lambda_c$  = parameter kelangsingan

$K_c$  = panjang tekuk untuk komponen struktur jembatan rangka

$E$  = modulus elastisitas bahan baja

	Kolom Tak Bergoyang			Kolom Bergoyang		
Bentuk tekuk						
Faktor panjang efektif (k)	0.70	0.85	1.00	1.2	2.2	2.2
Simbol untuk keadaan penahan ujung	 = Rotasi terjepit, translasi terjepit  = Rotasi bebas, translasi terjepit			 = Rotasi terjepit, translasi bebas  = Rotasi bebas, translasi bebas		

**Gambar 3.5** Faktor Panjang Efektif

### 3. Perencanaan Sambungan Baut :

Fungsi sambungan, disamping menyatukan elemen-elemen pada suatu konstruksi menjadi satu kesatuan, juga berfungsi sebagai penyalur beban dari satu bagian ke bagian yang lain. (Marwan dan Isdarmanu, 2006)

Kekuatan Baut Memikul Beban Geser :

$$R_u \leq \phi R_n \quad (3.11)$$

$\phi$  = faktor reduksi

$R_n$  = kuat nominal

#### a. Kekuatan baut jenis tumpu

Kekuatan geser nominal baut :

$$V_n = r_1 f_u^b A_b m \quad (3.12)$$

Dimana,

$m$  = jumlah bidang geser

$r_1 = 0,5$  tanpa ulir pada bid geser

$r_1 = 0,4$  tanpa ulir pada bid geser

$f_u^b$  = tegangan tarik putus baut

$A_b$  = luas bruto penampang baut

Kuat Rencana :

$$V_d = \phi_f V_n \quad (3.13)$$

Dimana,

$$\phi_f = 0.75$$

Kuat tumpu nominal baut dengan plat

$$R_n = 2,4 d_b t_p f_u \quad (3.14)$$

$d_b$  = diameter nominal baut

$t_p$  = tebal plat tertipis

$f_u$  = tegangan tarik putus

kuat rencana :

$$R_d = \phi_f R_n \quad (3.15)$$

Dimana,

$$\phi_f = 0.75$$

Kekuatan Baut Memikul Beban Tarik

$$T_n = 0.75 f_u^b A_b \quad (3.16)$$

dimana,

$f_u^b$  = tegangan tarik putus baut

$A_b$  = luasan bruto penampang baut

Kuat Rencana :

$$T_d = \phi_f T_n \quad \phi_f = 0.75 \quad (3.17)$$

b. Baut Mutu Tinggi Tipe Gesek (*Friction Type*)

Baut hanya menerima beban geser ( $V_u$ )

$$V_n = 1.13 \mu m T_b \quad (3.18)$$

$\mu$  = koefisien geser = 0.35

$m$  = jumlah bidang geser

$T_b$  = gaya tarik min

Besarnya harga tarik minimum dapat dilihat pada  
**Tabel 3.3**

**Tabel 3.3** Harga Tarik Minimum

Diameter Baut (mm)	Gaya Tarik Minimum Baut (kN)
16	95
20	145
24	210
30	335
36	490

(SNI 03-1729-2002)

Kuat rencana :

$$V_d = \phi V_n \quad (3.19)$$

$\phi = 1$  untuk lubang standar

Baut menerima beban kombinasi geser ( $V_u$ ) dan tarik ( $T_u$ )

$$V_d = \phi V_n \left(1 - \frac{T_u}{1.13 T_b}\right) \quad (3.20)$$

### **3.2.6 Permodelan dan Analisa Struktur Utama Jembatan Busur disertai Damper dengan Menggunakan Program SAP2000**

Merencanakan ukuran dari profil struktur utama jembatan busur dan membuat permodelan jembatan yang disertai damper dengan menggunakan program bantu SAP2000.

### **3.2.7 Kontrol terhadap Kekuatan dan Kestabilan Komponen Struktur Atas**

Melakukan kontrol terhadap struktur utama jembatan busur yang disertai damper dari perencanaan yang sudah dilakukan dengan menggunakan program bantu SAP2000.

### **3.2.8 Merencanakan Bangunan Bawah**

- a. Merencanakan dimensi dari bangunan bawah jembatan (*abutment*) sesuai beban dari jembatan busur dalam perhitungan struktur atas.

Beban-beban yang perlu diperhitungkan pada perencanaan *abutment* antara lain :

1. Beban akibat berat sendiri
2. Beban akibat timbunan tanah di sekitar jembatan
3. Beban horizontal dan vertikal gesekan dan penurunan tanah
4. Beban lateral
5. Kontrol guling, geser, *overall stability*, dan

## 6. Daya dukung tanah

Nilai  $K_a$  pada *abutment* :

$$K_a = \tan^2\left(45^\circ \frac{\phi}{2}\right) \quad (3.21)$$

kontrol stabilitas dari *abutment* antara lain :

### 1. Kontrol Geser

$$\sum H \leq \frac{T_{max}}{SF}; SF = 1.5 \quad (3.22)$$

$$T_{max} = N \cdot \tan \delta + C \cdot B \quad (3.23)$$

### 2. Kontrol Guling

$$SF_{guling} = \frac{\sum M}{\sum M_H} \leq 1.5 \quad (3.24)$$

## b. Merencanakan Pondasi Tiang Pancang

Tiang pancang merupakan bagian-bagian konstruksi yang dibuat dari kayu, beton atau baja, yang digunakan untuk meneruskan (mentransmisikan) beban-beban permukaan ke tingkat-tingkat permukaan yang lebih rendah dalam masa tanah. Hal ini merupakan distribusi vertikal dari beban sepanjang poros tiang pancang atau pemakaian beban secara langsung terhadap lapisan yang lebih rendah melalui ujung tiang pancang. (Joseph E. Bowles, 1988)

Kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang merupakan penjumlahan dari daya dukung ujung dengan daya dukung selimut. Hal ini dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s \quad (3.25)$$

$$Q_{all} = Q_{ult} / SF \quad (3.26)$$

Dimana :

$Q_{ult}$  = Kapasitas daya dukung batas (*ultimate*)  
tiang maksimum

$Q_{all}$  = Kapasitas daya dukung izin tiang

$Q_p$  = Kapasitas daya dukung ujung tiang

$Q_s$  = Kapasitas daya dukung selimut tiang

SF = Faktor keamanan (*safety factor*) = 3

Kapasitas Daya Dukung Ujung Tiang (*End Bearing Capacity*)

Metode Terzaghi

$$Q_p = A_p \cdot q_{ult} \quad (3.27)$$

$$q_{ult} = 1,3 \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q \quad (3.28)$$

$$\text{Sehingga : } Q_p = A_p (1,3 \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q) \quad (3.29)$$

Dimana :

$Q_p$  = Kapasitas daya dukung ujung tiang

$A_p$  = Luas penampang tiang

$c$  = Kohesi dari tanah yang terdapat pada ujung tiang

$N_c$  = Faktor daya dukung untuk tanah di bawah ujung tiang

$N_q$  = Faktor daya dukung, untuk  $\theta = 0$  maka  $N_q = 1$

$q$  = Efisiensi overburden pressure  $\sum (\gamma \cdot h_i)$

Kontrol daya dukung tiang pancang :

1. Kontrol tiang pancang terhadap kelompok :

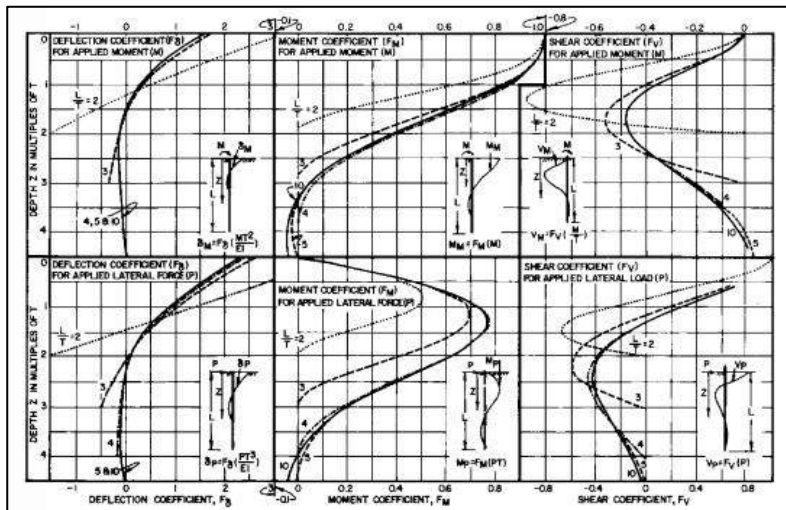
Kontrol untuk melakukan pengecekan terhadap daya dukung tiang pancang sudah sesuai dengan besar beban ultimate yang membebani tiang pancang terhadap kelompok.

2. Kontrol defleksi tiang pancang :

Kontrol yang dilakukan untuk pengecekan besar dari defleksi yang dapat mempengaruhi tiang pancang. Rumus yang digunakan berdasarkan NAFVAC (1971) tentang kontrol defleksi dari tiang pancang.

3. Kontrol yang dilakukan untuk pengecekan besar dari momen *crack* yang dapat mempengaruhi tiang pancang. Rumus yang digunakan berdasarkan NAFVAC (1971) tentang momen *crack* dari tiang pancang.

Grafik untuk mendapatkan besar dari defleksi dan momen *crack* tiang pancang dapat dilihat pada **Gambar 3.6**.



**Gambar 3.6** Grafik untuk Menentukan Gaya Defleksi dan Momen *Crack* pada Tiang Pancang  
(Sumber : NAFVAC 1971)



### **3.2.9 Penggambaran Hasil Perencanaan**

Penggambaran hasil akhir dari seluruh perencanaan dari bangunan atas hingga bangunan bawah (*abutment*) dengan menggunakan program bantu AutoCAD.

“Halaman sengaja dikosongkan”

## BAB IV

### PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

#### 4.1 Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan

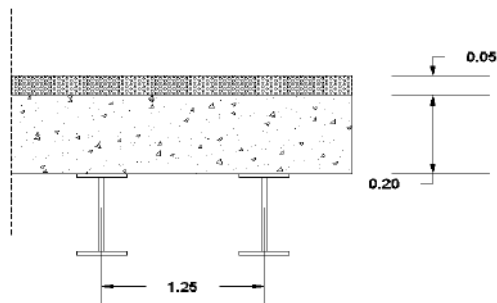
Pelat lantai kendaraan direncanakan dengan lebar 1.25 m dan panjang 5 m. Berdasarkan SNI 1725-2016 persyaratan tebal pelat (d3) dan tebal aspal (d4) dapat dihitung dengan perumusan dibawah ini :

Ditentukan jarak antar balok memanjang ( $b_1$ ) = 1.25 m

$$d_3 \geq 100 + 40 b_1, \text{ atau } d_3 \geq 200 \text{ mm}$$

$$d_3 \geq 100 + 40 (1.25)$$

$$d_3 \geq 150 \text{ mm}$$



**Gambar 4.1** Pelat Lantai Kendaraan

Dari syarat-syarat diatas maka diambil tebal pelat lantai kendaraan sebesar 200 mm, sedangkan untuk perencanaan tebal aspal berdasarkan SNI T-1725-2016 dapat dilihat sebagai berikut:

$$d_4 \geq 5 - 8 \text{ cm}$$

Dari syarat diatas maka diambil tebal aspal sebesar 50 mm.

#### 4.1.1 Pembebanan Pelat Lantai Kendaraan

Pembebanan pelat lantai kendaraan direncanakan sesuai dengan SNI T-1725-2016 dengan faktor beban  $K_U^{MS} = 1.3$  (Beton dicor ditempat) dan Beban truck “T”,  $K_U^{TT} = 2$ . Pada perencanaan pelat lantai kendaraan akan dihitung dengan asumsi per-meter panjang, dengan perhitungan pembebanan detail sebagai berikut :

- Perhitungan beban mati :
 
$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri pelat} &= d_3 \cdot \gamma_{\text{beton}} \cdot 1 \text{ m} \cdot K_U^{MS} \\ &= 0.2 \text{ m} \cdot 24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 1 \text{ m} \cdot 1,3 \\ &= 6,24 \text{ kN/m} \\ \text{Berat aspal} &= d_4 \cdot \gamma_{\text{aspal}} \cdot 1 \text{ m} \\ &= 0.05 \text{ m} \cdot 22 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 1 \text{ m} \\ &= 1.1 \text{ kN/m} \\ q_{\text{mati}} &= \text{berat sendiri pelat} + \text{berat aspal} \\ &= 6,24 + 1,1 = 7,34 \text{ kN/m} \end{aligned}$$
- Perhitungan beban hidup
 

Beban Roda Truck = 112.5 kN, dengan melihat grafik faktor kejut DLA (*Dynamic Load Allowance*) didapatkan besaran DLA yaitu 30% atau 0.3.

$$T = (1 + 0,3) \times 112,5 = 146,25 \text{ kN}$$

Beban Hidup *Ultimate (Truck)* :

$$\begin{aligned} T_{(U)} &= K_U^{TT} \cdot T \\ &= 1,8 \cdot 146,25 \text{ kN} = 263,25 \text{ kN} \end{aligned}$$

#### 4.1.2 Perhitungan Momen-Momen Arah Melintang

Perhitungan momen – momen arah melintang (bentang pendek) akibat beban mati dan beban hidup berupa beban truck dapat dilihat sebagai berikut :

- Perhitungan momen akibat beban mati :
 
$$\begin{aligned} M_U &= \frac{1}{10} \cdot q_{\text{mati}} \cdot b_1^2 \\ &= \frac{1}{10} \cdot 7,34 \cdot (1,25)^2 = 1,147 \text{ kNm} \end{aligned}$$

- Perhitungan momen akibat beban hidup :

$$\begin{aligned} M_U &= 0,8 \cdot \frac{S + 0,6}{10} \cdot T_{(U)}, \text{ dimana } S = b_1 \\ &= 0,8 \cdot \frac{1,25 + 0,6}{10} \cdot 263,25 \text{ kN} = 38,961 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Momen Total :

$$\begin{aligned} M_U &= 1,147 \text{ kNm} + 38,961 \text{ kNm} \\ &= 40,108 \text{ kNm} = 40108000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

#### 4.1.3 Perhitungan Penulangan Lentur Lantai Kendaraan

Pelat lantai kendaraan akan ditulangi dengan penulangan rangkap atas dan bawah. Berikut ini adalah data perencanaannya :

- Mutu Beton ( $f'_c$ ) = 40 MPa
- Mutu Baja Tulangan Utama ( $f_y$ ) = 390 MPa
- Mutu Baja Tulangan Susut ( $f_y$ ) = 240 MPa
- Kebutuhan tebal decking diambil = 40 mm
- Tulangan utama (D) = 16 mm (arah x)
- Tulangan susut ( $\emptyset$ ) = 10 mm (arah y)
- Tebal pelat = 200 mm

Dengan mutu beton ( $f'_c$ ) = 40 mPa > 30 mPa, maka nilai  $\beta$  yaitu :

$$\begin{aligned} \beta &= 0,85 - 0,05 \cdot \frac{f'_c - 28}{7} \\ &= 0,85 - 0,05 \cdot \frac{40 - 28}{7} \\ &= 0,764 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2013)

$$\begin{aligned} d &= h - \emptyset - \left( \frac{1}{2} \cdot D \right) - \text{decking} \\ &= h - \emptyset - \left( \frac{1}{2} \cdot 16 \right) - 40 = 142 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \beta_1 \cdot \frac{0,85 f'_c}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \\ &= 0,764 \cdot \frac{0,85 \cdot 40}{390} \cdot \frac{600}{(600 + 390)} \end{aligned}$$

$$= 0,0404$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0404 = 0,0303$$

$$\rho_{min} = \rho_{susut} = \frac{0,0018 \cdot 420}{f_y} = \frac{0,0018 \cdot 420}{390} = 0,00194$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{f_y}{0,85 \cdot 40} = 11,471$$

$$R_n = \frac{M_U}{\phi \cdot b_1 \cdot d^2} = \frac{40108000}{0,9 \cdot 1250 \cdot 142^2} = 1,767 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \cdot \left[ 1 - \sqrt{\left( 1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right] \\ &= \frac{1}{11,471} \cdot \left[ 1 - \sqrt{\left( 1 - \frac{2 \cdot 11,471 \cdot 1,768}{390} \right)} \right] \\ &= 0,00466 \end{aligned}$$

Karena  $\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$ , maka dipakai  $\rho = \rho_{perlu} = 0,00466$ . Menurut SNI 2847-2013 besarnya As pasang harus melebihi 1/3 dari As perlu, maka :

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= \frac{4}{3} \rho \cdot b \cdot d \\ &= \frac{4}{3} \cdot 0,00466 \cdot 1250 \cdot 142 \\ &= 1102.867 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dari hasil analisa perhitungan penulangan diatas didapatkan bahwa kebutuhan penulangan arah x (bentang pendek) adalah D16 – 200 (As = 1206.372 mm<sup>2</sup>)

Untuk penulangan susut dipakai ketentuan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} A_{S \text{ min}} &= 0,002 \cdot A_{bruto \text{ pelat}} \\ &= 0,002 \cdot (200 \cdot 1250) \end{aligned}$$

$$= 485 \text{ mm}^2$$

Sehingga kebutuhan tulangan susut didesain menggunakan  $\emptyset 10 - 180$  ( $A_s = 549.78 \text{ mm}^2$ )

#### 4.1.4 Kontrol Penulangan Geser (*Pons*) Pelat Lantai Kendaraan

Perhitungan penulangan geser (*pons*) untuk pelat lantai kendaraan disesuaikan dengan ukuran roda truck, sedangkan untuk kemiringan sudut geser pons diambil sebesar  $45^\circ$ .  $d_3$  adalah tebal pelat = 20 cm, sehingga besarnya nilai  $b_0$ ,  $d_0$ ,  $b$ ,  $d$ ,  $\emptyset V_n$ ,  $V_u$  dan kontrol kapasitas geser pons dari pelat lantai kendaraan dapat dihitung sebagai berikut:

$$b_0 = 50 + (2 \cdot 0,5 \cdot d_3) = 50 + (2 \cdot 0,5 \cdot 20) = 70 \text{ cm}$$

$$d_0 = 20 + (2 \cdot 0,5 \cdot d_3) = 20 + (2 \cdot 0,5 \cdot 20) = 40 \text{ cm}$$

$$b = 2 \cdot (b_0 + d_0) = 2 \cdot (70 + 40) = 220 \text{ cm}$$

$$d = 20$$

$$A = b \cdot d = 4400 \text{ cm}^2 = 440000 \text{ mm}^2$$

$$V_u = K_u^{TT} \cdot 112,5 \cdot (1 + DLA)$$

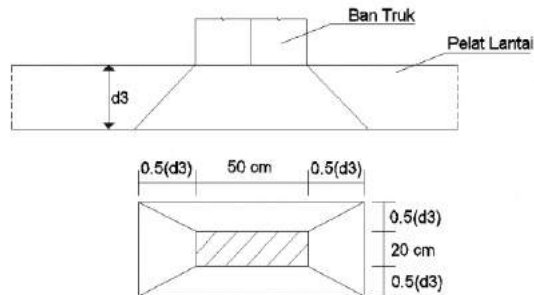
$$= 2 \cdot 112,5 \cdot (1 + 0,3)$$

$$= 263,25 \text{ kN}$$

$$\emptyset V_n = \emptyset \cdot A \cdot 0,17 \sqrt{f'_c}$$

$$= 0,75 \cdot 0,17 \cdot 440000 \cdot \sqrt{40}$$

$$= 354807,6 \text{ N}$$



**Gambar 4.2** Ilustrasi Geser Pons ada Lantai Kendaraan

Dari hasil analisan perhitungan, maka didapatkan bahwa besarnya  $\phi V_n > V_u$ . Maka pelat lantai kendaraan sudah cukup kuat untuk menerima beban roda truk terpusat pada tengah bentang pelat lantai kendaraan.

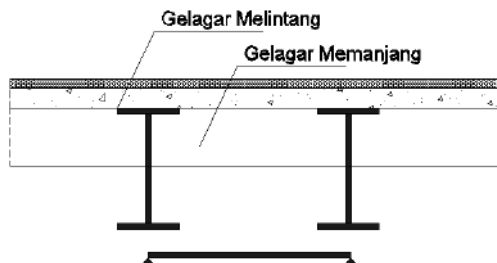
#### 4.2 Perencanaan Gelagar Memanjang Jembatan

Untuk perencanaan balok memanjang ini menggunakan baja dengan mutu BJ 41, dengan ketentuan sebagai berikut :

Tegangan leleh ( $f_y$ ) = 250 Mpa = 2500 kg/cm<sup>2</sup>

Tegangan ultimate ( $f_u$ ) = 410 Mpa = 4100 kg/cm<sup>2</sup>

Modulus Elastisitas ( $E$ ) = 200000 Mpa



**Gambar 4.3** Gelagar Memanjang dan Melintang Jembatan



Untuk perencanaan gelagar memanjang dipilih profil WF 400 x 300 x 10 x 16. Data detail profil adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 A &= 136 \text{ cm}^2 & g &= 107 \text{ kg/m} & d &= 400 \text{ mm} & bf &= 300 \text{ mm} \\
 tf &= 16 ; tw = 10 & ix &= 16,9 \text{ cm} & iy &= 7,28 \text{ cm} & Ix &= 38700 \text{ cm}^4 \\
 Iy &= 7210 \text{ cm}^2 & Zx &= 2116 \text{ cm}^3 & Zy &= 729 \text{ cm}^3 & Sx &= 1980 \text{ cm}^3 \\
 r &= 22 \text{ mm} \\
 h &= 400 - 2 \cdot (22+16) = 325 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

#### 4.2.1. Pembebanan Gelagar Memanjang Jembatan

##### 4.2.1.1. Beban Mati

$$\begin{aligned}
 \text{Pelat beton} &: 0,2 \cdot 2400 \cdot 1,25 \cdot 2 = 780 & \text{kg/m} \\
 \text{Aspal} &: 0,05 \cdot 2400 \cdot 1,25 \cdot 2 = 178,75 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat bekisting} &: 500 \times 1,25 \cdot 1,3 = 812,5 & \text{kg/m} \\
 \text{Berat sendiri} &: 107 \cdot 2 = 139,1 & \text{kg/m} \\
 Q_D &: 780 + 178,75 + 812,5 + 139,1 \\
 &= 1910,35 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$M_D = \frac{1}{8} \cdot Q_D(u) \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 1910,35 \cdot 5^2 = 5969,844 \text{ kgm}$$

##### 4.2.1.2. Beban Hidup Ultimate

###### 4.2.1.2.1. Beban Terbagi Rata (UDL)

Karena bentang ( $L$ ) = 5 m < 30 m, maka dipakai  $q = 9.0$  kPa (SNI-1725-2016 pasal 8.3.1)

$$q = 9.0 \text{ kPa} = 900 \text{ kg/m}^2$$

beban yang bekerja :

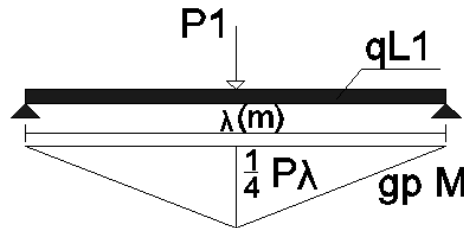
$$Q_L = 900 \cdot 1,25 \cdot 2 = 2025 \text{ kg/m}$$

###### 4.2.1.2.2. Beban Garis (KEL)

Beban garis (KEL) sebesar  $p$  kN/m ditempatkan tegak lurus dari arah lalu-lintas pada jembatan dimana besarnya  $P = 49$  kN = 4900 kg/m. Faktor beban dinamik yang berlaku untuk KEL ditentukan melalui gambar 8 SNI T-1725-2016, didapatkan harga

DLA = 30 % sehingga beban yang bekerja dengan adanya factor kejut DLA adalah:

$$\begin{aligned}
 P_1 &= (1 + DLA) \cdot P \cdot b_1 \cdot K_{TD}^U \\
 &= (1 + 0,3) \cdot 49 \cdot 1,25 \cdot 2 \\
 &= 143,325 \text{ kN} = 14332,5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

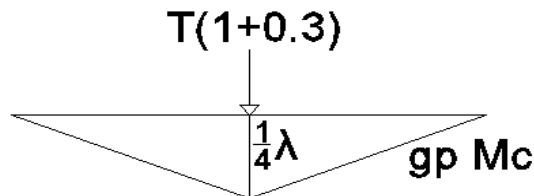


**Gambar 4.4** Garis Pengaruh akibat Beban Hidup

$$\begin{aligned}
 M_{Li} &= \left( \frac{1}{8} \cdot Q_L \cdot \lambda^2 \right) + \left( \frac{1}{4} \cdot P_1 \cdot \lambda \right) \\
 &= \left( \frac{1}{8} \cdot 2025 \cdot 5^2 \right) + \left( \frac{1}{4} \cdot 14332,5 \cdot 5 \right) \\
 &= 24243,75 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

#### 4.2.1.2.3. Beban Truk “T”

Beban *Truck* “T” adalah sebesar 112,5 kN (SNI 1725-2016 pasal 8.4) dengan faktor kejut DLA = 0,3 (SNI 1725-2016)



**Gambar 4.5** Garis Pengaruh Akibat Beban Truk “T”

$$\begin{aligned}
 T_U &= T \cdot (1 + DLA) \cdot K_{TT}^U \\
 &= 112,5 \cdot (1 + 0,3) \cdot 2 \\
 &= 263,25 \text{ kN} = 26325 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{L2} &= \frac{1}{4} \cdot T \cdot \lambda = \frac{1}{4} \cdot 263,25 \cdot 5 \\
 &= 329,16 \text{ kNm} = 32916 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Karena  $M_{L2} > M_{L1}$  maka dipakai momen terbesar akibat beban hidup yakni  $M_L = M_{L2} = 32916 \text{ kgm}$ , sehingga :  
 $M_U = M_D + M_L = 5969,844 \text{ kgm} + 32916 \text{ kgm} = 38885,844 \text{ kgm}$

## 4.2.2. Kontrol Profil Gelagar Memanjang

### 4.2.2.1. Kuat Rencana Momen Lentur

Kontrol penampang:

$$\text{Sayap} : \frac{bf}{2tf} \leq \frac{170}{\sqrt{fy}}$$

$$\frac{300}{2 \cdot 16} \leq \frac{170}{\sqrt{250}} \quad 9,375 < 10,752 \quad \text{OK}$$

$$\text{Badan} : \frac{h}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{fy}}$$

$$\frac{325}{10} \leq \frac{1680}{\sqrt{250}} \quad 32,4 < 106,253 \quad \text{OK}$$

Penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned}
 M_n &= Z_x \cdot fy \\
 &= 2116 \cdot 2500 = 5290000 \text{ kgcm} = 52900 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= 0,9 \cdot M_n \\
 &= 0,9 \cdot 52900 \\
 &= 47610 \text{ kgm} > M_U = 38885,844 \text{ kgm} \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

#### 4.2.2.2. Kontrol *Lateral Buckling*

$$L_B = 500 \text{ cm}$$

$$L_P = 1,76 \cdot i_y \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \cdot 7,28 \cdot \sqrt{\frac{200000}{2500}} = 362,4 \text{ cm}$$

$$L_R = i_y \cdot \left( \frac{x_i}{f_y - f_r} \right) \cdot \sqrt{1 + \sqrt{1 + (x_i x_i^2)}}$$

$$f_y = 12500 \text{ kg/cm}^2 \quad f_r = 700 \text{ kg/cm}^2 \text{ (fabrikasi)}$$

$$f_L = f_y - f_r = 2500 - 700 = 1800 \text{ kg/cm}^2$$

$$J = \sum \frac{1}{3} b t^3 ; \text{ pelat badan } b = d - 2t_f = 400 - 2(16) = 368 \text{ mm}$$

$$= \left( \frac{1}{3} \cdot 32,4 \cdot 1^3 \right) + \left( \frac{1}{3} \cdot 30 \cdot 1,6^3 \right) = 53,227 \text{ cm}^4$$

$$I_w = I_y \cdot \frac{(h')^2}{4} ; h' = d - t_f = 400 - 16 = 384 \text{ mm}$$

$$I_w = 7210 \cdot \frac{38,4^2}{4} = 2657864,4 \text{ cm}^6$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \cdot \sqrt{\frac{E G J A}{2}} = \frac{\pi}{1980} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^6 \cdot 8 \cdot 10^5 \cdot 53,227 \cdot 107}{2}}$$

$$= 1070099,529 \text{ kg/cm}^2$$

$$X_2 = 4 \cdot \left( \frac{S_x}{G \cdot J} \right)^2 \cdot \frac{I_w}{I_y}$$

$$= 4 \cdot \left( \frac{1980}{8 \cdot 10^5 \cdot 53,227} \right)^2 \cdot \frac{2667846,4}{7210} = 3,188 \cdot 10^{-6} (\text{kg/cm}^2)^2$$

$$L_R = i_y \cdot \left( \frac{x_i}{f_y - f_r} \right) \sqrt{1 + \sqrt{1 + (X_2 \cdot f_1^2)}}$$

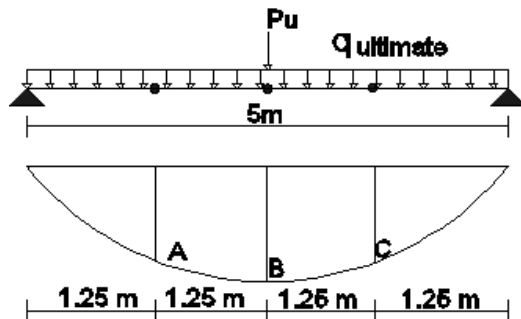
$$= 7,28 \cdot \left( \frac{107099,529}{1800} \right) \sqrt{1 + \sqrt{1 + (3,188 \cdot 10^{-6} \cdot 1800^2)}} \\ = 905,069 \text{ cm}$$

Karena  $L_P = 362,4 \text{ cm} < L_B = 500 \text{ cm} < L_R = 905,069 \text{ cm}$   
(Bentang Menengah)

$$M_n = C_b \cdot \left[ M_R + (M_P - M_R) \frac{L_R - L_B}{L_R - L_P} \right]$$

$$M_R = S_x \cdot (f_y - f_r) \\ = 1980 \cdot (2500 - 700) = 3573000 \text{ kgcm}$$

$$M_P = Z_x \cdot f_y = 2116 \cdot 2500 = 5290000 \text{ kgcm}$$



**Gambar 4.6** Titik Momen Absolut pada Bentang Panjang

$$q_U = (1,2 \cdot q_D) + (1,6 \cdot q_L) \\ = (1,2 \cdot 1910,35) + (1,6 \cdot 2025) = 5532,42 \text{ kg/m}$$

$$P_U = 1,6 \cdot P_{KEL} \\ = 1,6 \cdot 14332,5 = 22932 \text{ kg}$$

$$V_a = V_b$$

$$= \frac{q_U \cdot L}{2} + \frac{P_U}{2} = \frac{5532,42 \cdot 5}{2} + \frac{22932}{2} = 25297,05 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} M_A &= M_C \\ &= (V_a \cdot 1,25) - (0,5 \cdot q_U \cdot 1,25^2) \\ &= (25297,05 \cdot 1,25) - (0,5 \cdot 5532,42 \cdot 1,25^2) \\ &= 27299,047 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= (V_a \cdot 2,5) - (0,5 \cdot q_U \cdot 2,5^2) \\ &= (25297,05 \cdot 2,5) - (0,5 \cdot 5532,42 \cdot 2,5^2) \\ &= 45953,8125 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{1,25 M_{\max}}{(2,5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C)} \leq 2,30 \\ &= 1,242 \leq 2,30 \end{aligned}$$

$$C_b = 1,24 \leq 2,30$$

$$\begin{aligned} M_n &= C_b \cdot [M_R + (M_P - M_R) \frac{L_R - L_B}{L_R - L_P}] \leq M_P \\ &= 607549,3 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 607549,3 = 546794,4 \text{ kgcm}$$

$$M_U = 38885,844 \text{ kgm} = 38885844,4 \text{ kgcm} \quad \text{OK}$$

#### 4.2.2.3. Kuat Rencana Geser

Kontrol penampang :

$$\frac{h}{tw} \leq 1,10 \sqrt{\frac{K_n E}{f_y}}$$

$$\frac{324}{10} \leq 1,1 \sqrt{\frac{8,28 \cdot 200000}{250}} \quad 32,4 \leq 89,52 \quad \text{OK}$$

Berdasarkan LRFD

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \\
 &= 0,6 \cdot f_y \cdot (h \cdot t_w) \\
 &= 0,6 \cdot 2500 \cdot 32,4 = 48600 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Akibat UDL + KEL dan beban mati:

$$\begin{aligned}
 V_U &= \left[ P_{KEL} + \left( \frac{1}{2} \cdot Q_{UDL} \cdot \lambda \right) \right] + \left[ \frac{1}{2} \cdot Q_D \cdot \lambda \right] \\
 &= \left[ 14332,5 + \left( \frac{1}{2} \cdot 2025 \cdot 5 \right) \right] + \left[ \frac{1}{2} \cdot 1910 \cdot 5 \right] \\
 &= 24170,875 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Akibat beban *truck* (T) dan beban mati :

$$\begin{aligned}
 V_U &= T + \left( \frac{1}{2} \cdot Q_D \cdot \lambda \right) \\
 &= 26325 + \left( \frac{1}{2} \cdot 1910,35 \cdot 5 \right) = 30859,75 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Akibat UDL + KEL :

$$\begin{aligned}
 V_a &= P_{KEL} + \left( \frac{1}{2} \cdot Q_{UDL} \cdot \lambda \right) \\
 &= 14332,5 + \left( \frac{1}{2} \cdot 2025 \cdot 5 \right) = 19395 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$V_u$  diambil terbesar yakni akibat dari beban *truck* (T) dan beban mati sebesar 31100,875 kg

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 48600 = 43740 \text{ kg}$$

Syarat :

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$30859,75 \text{ kg} \leq 43740 \text{ kg}$$

**OK**

#### 4.2.2.4. Lendutan Ijin

Syarat :  $\delta' \leq \delta$ , dimana  $\delta$  adalah lendutan ijin, sedangkan  $\delta'$  adalah lendutan yang terjadi (berdasarkan beban hidup saja)

$$\delta = \frac{\lambda}{800}$$

$$\delta = \frac{500}{800} = 0,625 \text{ cm}$$

Lendutan akibat beban hidup KEL +UDL :

$$\delta' = \left( \frac{5}{384} \cdot \frac{Q_L \cdot \lambda^4}{E \cdot I_x} + \frac{P_{KEL} \cdot \lambda^3}{48EI_x} \right)$$

$$\delta' = \left( \frac{5}{384} \cdot \frac{Q_L \cdot \lambda^4}{E \cdot I_x} + \frac{P_{KEL} \cdot \lambda^3}{48EI_x} \right)$$

$$\delta' = \left( \frac{5}{384} \cdot \frac{11,25 \cdot 500^4}{2000000 \cdot 38700} + \frac{7962,5 \cdot 500^3}{48 \cdot 2000000 \cdot 38700} \right)$$

$$\delta' = 0,232 \text{ cm}$$

Lendutan akibat beban *truck* :

$$\delta' = \frac{T_U \cdot \lambda^3}{48E I_x}$$

$$\delta' = \frac{26325 \cdot 500^3}{48 \cdot 2000000 \cdot 38700} = 0,442 \text{ cm (menentukan)}$$

Dipilih lendutan terbesar = 0,442 cm

Cek syarat lendutan ijin :



$$\delta' \leq \delta$$

$$0,442 \text{ cm} \leq 0,625 \text{ cm}$$

**OK**

### 4.3 Perencanaan Gelagar Melintang Jembatan

Balok melintang direncanakan dengan menggunakan BJ 41 profil WF 900 x 300 x 16 x 28

Data detail profil :

$$\begin{aligned} A &= 309,8 \text{ cm}^2 & g &= 243 \text{ kg/m} & d &= 900 \text{ mm} & bf &= 300 \text{ mm} \\ tf &= 28 ; tw = 16 & ix &= 36,4 \text{ cm} & iy &= 6,39 \text{ cm} & Ix &= 411000 \text{ cm}^4 \\ Iy &= 12600 \text{ cm}^2 & Zx &= 9140 \text{ cm}^3 & Zy &= 843 \text{ cm}^3 & r &= 28 \text{ mm} \\ h &= 900 - 2(28 + 28) = 788 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### 4.3.1. Pembebanan Pada Gelagar Melintang Jembatan

##### 4.3.1.1. Beban Mati

##### 4.3.1.1.1. Beban Mati (Sebelum Komposit)

$$\text{Berat balok memanjang : } \left( \frac{107 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 5 \text{ m}}{1,25 \text{ m}} \right) \cdot 1,1 = 470,8 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat balok melintang : } 243 \cdot 1,1 = 267,3 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat bekisting : } 500 \cdot 2 = 800 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat pelat beton : } 0,20 \cdot 2400 \cdot 5 \cdot 2 = 3120 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban pelaksanaan} = 200 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} Q_{D1(U)} &= 470,8 + 267,3 + 800 + 3120 + 200 \\ &= 4858,1 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

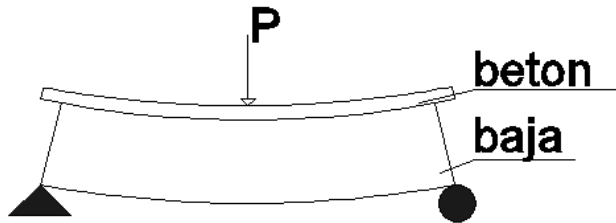
Momen akibat beban mati (sebelum komposit) :

$$M_{D1} = \frac{1}{8} \cdot Qd1 \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 4858,1 \cdot 9^2 = 49188,26 \text{ kgm}$$

Gaya geser max akibat beban mati (sebelum komposit) :

$$V_{D1} = \frac{1}{2} \cdot Qd1 \cdot L = \frac{1}{2} \cdot 4858,1 \cdot 9 = 21861,9 \text{ kg}$$

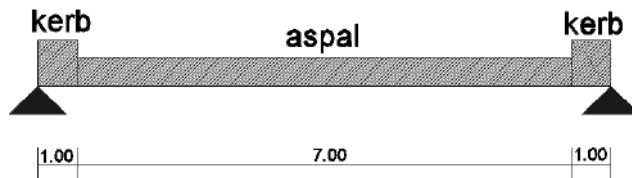
Perilaku balok sebelum komposit dapat dilihat pada **Gambar 4.7**, dimana gesekan antara beton dan pelat baja diabaikan, sehingga beton dan pelat baja masing-masing memikul momen secara terpisah.



**Gambar 4.7** Struktur Balok Sebelum Komposit

#### 4.3.1.1.2. Beban Mati (Sesudah Komposit)

Beban mati jembatan sesudah komposit terdiri dari berat aspal dan berat kerb yang dapat dilihat ilustrasinya pada **Gambar 4.8**.



**Gambar 4.8** Beban Mati Gelagar Melintaang Sesudah Komposit

$$\begin{aligned}\text{Berat aspal} &: 0,05 \cdot 2200 \cdot 5 \cdot 2 &= 715 \text{ kg/m} \\ \text{Berat kerb} &: 0,2 \cdot 2400 \cdot 5 \cdot 2 &= 3120 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$R_A = \frac{(715 \cdot 7)}{2} + \frac{2 \cdot 3120 \cdot 1}{2} = 5622,5 \text{ kg}$$

Momen akibat beban mati sesudah komposit :

$$\begin{aligned}M_{D2} &= (5622,5 \cdot 4,5) - (0,5 \cdot 3120 \cdot 1^2) - (715 \cdot 3,5^2 \cdot 0,5) \\ &= 19361,88 \text{ kgm}\end{aligned}$$

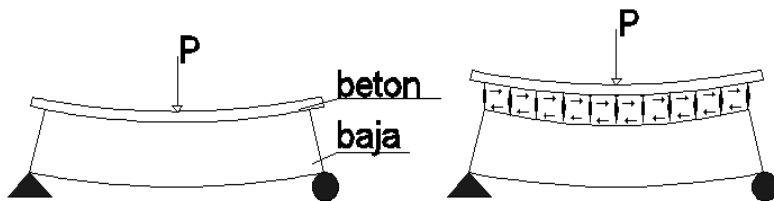
Gaya geser max akibat beban mati (sebelum komposit) :

$$V_{\max} = R_A = 5622,5 \text{ kg}$$

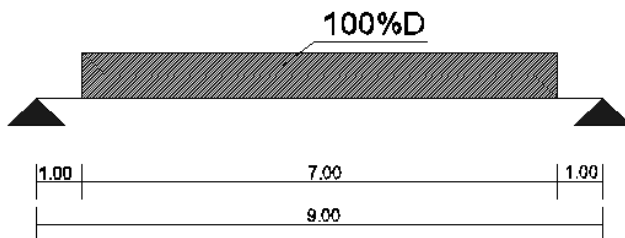
#### 4.3.1.2. Beban Hidup (Sesudah Komposit)

$$\begin{aligned} P_{\text{KEL}} &= (1 + DLA) \cdot P \cdot 2 \\ &= (1 + 0,3) \cdot 4900 \cdot 2 \\ &= 14332,5 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{\text{UDL}} &= q \cdot L \cdot 2 \\ &= 900 \cdot 5 \cdot 2 \\ &= 9000 \text{ kg/m} \end{aligned}$$



**Gambar 4.9** Perilaku Balok Komposit



**Gambar 4.10** Kombinasi beban UDL dan KEL

$$\begin{aligned} \text{Beban "D"} &= \text{beban UDL} + \text{KEL} \\ &= 9000 + 14332,5 = 23332,5 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

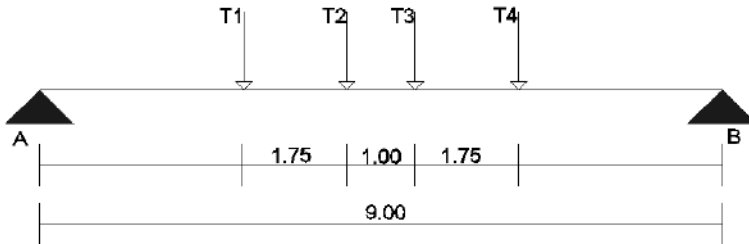
$$q_1 = 100\% \cdot 19566 = 19566 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} V_A &= \frac{q_1 \cdot 7}{2} \\ &= 61143,75 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$M_{\text{max}} = (V_A \cdot 4,5) - (q_1 \cdot 3,5 \cdot 1,75)$$

$$\begin{aligned}
 &= (61143,75 \cdot 4,5) - (19566 \cdot 3,5 \cdot 1,75) \\
 &= 178234,0313 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

#### 4.3.1.3. Beban Truck “T”



**Gambar 4.11** Ilustrasi Pembebanan Truck “T”

$$T = (1 + 0,3) \cdot 112,5 \cdot 1,8 = 263,25 \text{ kN} = 26325 \text{ kg}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$V_A \cdot 9 - T(6,75 + 5 + 4 + 2,25) = 0$$

$$(V_A \cdot 9) - 26325(6,75 + 5 + 4 + 2,25) = 0$$

$$V_A = 52650 \text{ kg}$$

$$M_{\text{MAX}} = (V_A \cdot 4,5) - (T_1 \cdot 1,75)$$

$$= (52650 \cdot 4,5) - (26325 \cdot 1,75) = 164531,25 \text{ kgm}$$

Didapatkan  $M_{\text{MAX}}$  akibat beban “T” sebesar 164531,25 kgm.

### 4.3.2. Kontrol Profil Gelagar Melintang

#### 4.3.2.1. Kuat Rencana Geser

Kontrol penampang :

$$\frac{h}{tw} \leq 1,10 \sqrt{\frac{Kn E}{fy}}$$

$$\frac{788}{16} \leq 1,1 \sqrt{\frac{8,28 \cdot 200000}{250}} \quad 49,25 < 92,46$$

**OK** (plastis)

Berdasarkan LRFD

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \\
 &= 0,6 \cdot f_y \cdot (h \cdot t_w) \\
 &= 0,6 \cdot 2500 \cdot (78,8 \cdot 1,6) = 189120 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$V_{MAX} \leq \phi V_n$$

$$V_{MAX} = 80133,5 \text{ kg} \leq \phi V_n = 0,9 \cdot 189120 = 170208 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

#### 4.3.2.2. Lendutan Ijin

Syarat :  $\delta' \leq \delta$ ,

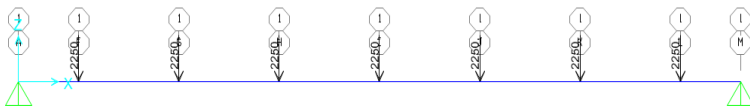
Syarat :  $\delta' \leq \delta$ , dimana  $\delta$  adalah lendutan ijin, sedangkan  $\delta'$  adalah lendutan yang terjadi (berdasarkan beban hidup saja)

$$\delta = \frac{\lambda}{800}$$

$$\delta = \frac{900}{800} = 1,12, \text{ cm}$$

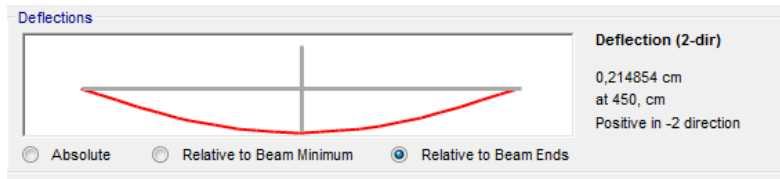
Lendutan akibat beban hidup UDL :

Untuk perhitungan lendutan akibat beban UDL digunakan program bantu SAP2000.



**Gambar 4.12** Permodelan Pembebanan akibat UDL pada Balok Melintang Menggunakan SAP2000

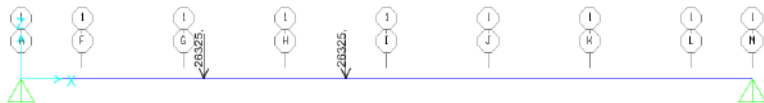
Dari hasil analisis program SAP2000 didapatkan lendutan pada gelagar melintang akibat beban UDL dan KEL sebesar 0,215 cm



**Gambar 4.13** hasil Perhitungan Lendutan untuk Balok Melintang akibat Beban UDL dengan SAP2000

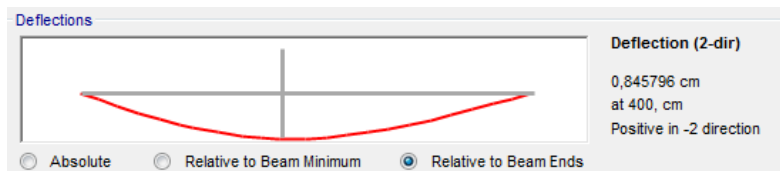
Lendutan akibat beban *Truck* :

Untuk perhitungan lendutan akibat beban truk digunakan program bantu SAP2000.



**Gambar 4.14** Permodelan Pembebanan akibat truk pada Balok Melintang Menggunakan SAP2000

Dari hasil analisis program SAP2000 didapatkan besarnya lendutan akibat beban truk sebesar 1,66 cm



**Gambar 4.15** Hasil Perhitungan Lendutan pada Balok Melintang akibat Beban *Truck*

dipilih sebesar 0,845 cm

cek syarat lendutan ijin :  $\delta' \leq \delta$ ,

$$0,845 \text{ cm} \leq 1,12 \text{ cm}$$

**OK**

#### 4.3.2.3. Kuat Penampang

Kontrol penampang:

$$\text{Sayap : } \frac{bf}{2tf} \leq \frac{170}{\sqrt{fy}}$$

$$\frac{300}{2 \cdot 28} \leq \frac{170}{\sqrt{250}}$$

$$5,357 < 10,752$$

**OK**

$$\text{Badan : } \frac{h}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{fy}}$$

$$\frac{788}{16} \leq \frac{1680}{\sqrt{250}}$$

$$49,25 < 106,253$$

**OK**

Penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot fy$$

$$= 6700 \cdot 2500 = 16750000 \text{ kgcm} = 167500 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot M_n$$

$$= 0,9 \cdot 167500$$

$$= 150750 \text{ kgm} > M_U = 48876,41 \text{ kgm} \quad \textbf{OK}$$

#### 4.3.3. Kontrol Gaya Momen Setelah Komposit

##### 4.3.3.1. Perhitungan Lebar Efektif Pelat

$$b_{\text{eff}} = 5000 \text{ mm} \text{ (jarak antar gelagar melintang)}$$

$$b_{\text{eff}} = 16 d_3 + b_w = (16 \cdot 200) + 300 = 3500 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff}} = \frac{\text{lebar jembatan}}{4} = \frac{900}{4} = 225 \text{ cm} = 2250 \text{ mm}$$

untuk lebar efektif pelat beton diambil yang terkecil 2250 mm.

#### 4.3.3.2. Perhitungan Kapasitas Momen Setelah Komposit

Kontrol kegagalan struktur pada beton:

$$C_c = 0,85 f'_c b_{eff} d_3 = 0,85 \cdot 40 \cdot 2250 \cdot 200 = 15300 \text{ kN}$$

Kontrol kegagalan struktur pada baja :

$$T = A_s f_y = 3098 \cdot 250 = 7745000 \text{ N}$$

Kontrol kapasitas momen :

$$a = \frac{T}{0,85 f'_c b_{eff}} = \frac{7745000}{0,85 \cdot 40 \cdot 2250} = 101,24 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= T \left( d_3 - \frac{a}{2} \right) + T \frac{h}{2} \\ &= 7745 \left( 200 - \frac{101,2}{2} \right) + 7745 \frac{788}{2} = 4208,471 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 0,85 \cdot 4208,471 = 3787,62 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} M_u &= M_{D1} + M_{D2} + M_{UDL+KEL \text{ simetris}} \\ &= 293125,45 \text{ kgm} = 2931,2545 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\phi M_n = 3787,62 \text{ kNm} > M_u = 2931,2545 \text{ kNm}$$

#### 4.3.3.3. Perhitungan Kebutuhan *Shear Connector*

D-25 ;  $A_s = 490,87 \text{ mm}^2$  ;  $f'_c = 40 \text{ Mpa}$

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f'_c} = 4700 \cdot \sqrt{40} = 29725,41 \text{ MPa}$$

$$Q_n = 0,5 A_s \cdot (f'_c \cdot E_c)^{0,5} = 267,627 \text{ kN}$$

$$V_n = T = 7745 \text{ kN}$$

$$n = \frac{V_n}{Q_n} = \frac{7745}{267,627} = 28,9 \approx 30 \text{ buah untuk } \frac{1}{2} \text{ bentang}$$





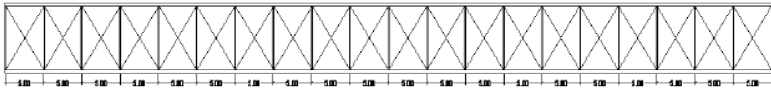
Sehingga :

$$A_b = \lambda \cdot 3,42m = 5 \cdot 3,42 = 17,1m^2$$

$$\begin{aligned} T_{EW} &= 0,0006 C_w (V_w)^2 A_b K_u^{EW} \\ &= 0,0006 \cdot 1,2 \cdot (30)^2 \cdot 17,1 \cdot 1,2 = 13,3 \text{ kN} = 1330 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### 4.4.2. Gaya Angin Ultimate pada Lantai Kendaraan

Selain ikatan angin pada rangka busur utama jembatan, ikatan angin pada lantai kendaraan juga dibutuhkan untuk memperkaku struktur jembatan, desain ikatan angin pada lantai kendaraan dapat dilihat pada **Gambar 4.19** berikut :



**Gambar 4.19** Ikatan Angin pada Lantai Kendaraan

Sama halnya dengan ikatan angin pada rangka, luasan koefisien yang dipengaruhi oleh angin ( $A_b$ ) dianggap sama pada setiap titik. Luasan dari  $A_b$  tersebut dapat dilihat pada **Gambar 4.18**.

Sehingga :

$$A_b = \lambda \cdot 3,42m = 5 \cdot 3,42 = 17,1m^2$$

Akibat angin pada jembatan:

$$\begin{aligned} T_{EW} &= 0,0006 C_w (V_w)^2 A_b K_u^{EW} \\ &= 0,0006 \cdot 1,2 \cdot (30)^2 \cdot 17,1 \cdot 1,2 = 13,3 \text{ kN} = 1330 \text{ kg} \end{aligned}$$

Akibat kendaraan sepanjang jembatan

$$\begin{aligned}
 T_{EW} &= 0,0012 C_w (V_w)^2 A_b K_u^{EW} \\
 &= 0,0012 \cdot 1,2 \cdot (30)^2 \cdot 17,1 \cdot 1,2 = 26,6 \text{ kN} = 2660 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## BAB V

### DESAIN STRUKTUR UTAMA JEMBATAN BUSUR

#### 5.1. *Preliminary Design Busur Rangka Baja*

Konstruksi pemikul utama (struktur busur) merupakan konstruksi pokok yang menerima seluruh beban jembatan sebelum diteruskan ke tumpuan (perletakan). Bentuk konstruksi utama yang dipilih adalah sesuai dengan kriteria yang ada pada Bab I, yaitu konstruksi busur rangka baja dengan batang tarik.

Langkah awal dalam perencanaan jembatan busur adalah dengan melakukan *preliminary design*. Tujuan dari *preliminary design* adalah untuk menentukan dimensi awal busur, yang meliputi tinggi busur ( $f$ ), tinggi tampang busur ( $t$ ), lebar jembatan ( $b$ ) dan panjang penggantung busur ( $y$ ).

##### 5.1.1. Tinggi fokus Busur Rangka ( $f$ )

$$\text{syarat : } \frac{1}{6} \leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{5} \quad \text{atau} \quad 0,167 \leq \frac{f}{L} \leq 0,200$$

$f$  : tinggi busur

$L$  : bentang busur

Dengan  $L = 100\text{m}$ , maka dipakai  $f = 18\text{ m}$

$$\frac{f}{L} = \frac{18}{100} = 0,18$$

$$0,167 \leq 0,18 \leq 0,200$$

**OK**

##### 5.1.2. Tinggi Tampang Busur Rangka ( $t$ )

$$\text{syarat : } \frac{1}{40} \leq \frac{t}{L} \leq \frac{1}{25} \text{ (ranka batang)}$$

$t$  : tinggi tampang busur

$L$  : bentang busur

Dipakai  $t = 3,42\text{ m}$

$$\frac{t}{L} = \frac{3,42}{100} = 0,0342$$

$$0,025 \leq 0,0342 \leq 0,04$$

OK

### 5.1.3. Lebar Busur Rangka Jembatan

$$\text{Syarat : } \frac{b}{L} \geq \frac{1}{20}$$

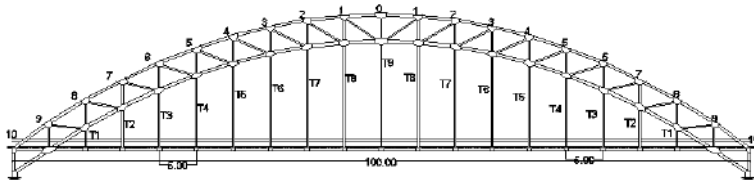
b : lebar jembatan (jarak perletakan kiri-kanan paling luar)

$$\text{dipakai } b = 9 \text{ m}, \frac{9}{100} = \frac{1,8}{20} > \frac{1}{20}$$

OK

## 5.2. Panjang Batang Penggantung Busur Baja

Panjang dari penggantung busur dapat dicari menggunakan pendekatan persamaan sumbu geometrik busur.



**Gambar 5.1** Sketsa Konstruksi Pemikul Utama Rangka Busur Baja pada Jembatan Pemali

$$\text{Persamaan parabola : } y_n = \frac{4 \cdot f \cdot x \cdot (L-x)}{L^2}$$

**Tabel 5.1** Panjang Penggantung Busur Jembatan

Titik	Yn (m)
10	0.00
9	3.42
8	6.48
7	9.18
6	11.52
5	13.50

4	15.12
3	16.38
2	17.28
1	17.82
0	18.00

Material yang dipakai untuk penggantung adalah baja ulir (*threadbars*) dari perusahaan *DYWIDAG Prestressing System using Bars* dengan diameter 47 mm. Data detail *threadbars* yang dipakai antara lain:

Diameter = 47 mm     $A = 1735 \text{ mm}^2$      $W = 14.10 \text{ kg/m}$   
 $f_y = 839.19 \text{ Mpa}$      $f_u = 1048 \text{ MPa}$



**Gambar 5.2** Material Baja Ulir (*Treadbar*) untuk penggantung Busur

(Sumber: *DYWIDAG Prestressing System Brochure*)



**Gambar 5.3** Ilustrasi Baja Ulir (*Threadbar*) untuk Penggantung Busur

(Sumber: *DYWIDAG Prestressing System Brochure*)

**Tabel 5.2** Data Teknis untuk Material Baja Penggantung  
*DYWIDAG Prestressing System*  
 (Sumber: *DYWIDAG Prestressing System Brochure*)

Technical data		THREADBAR*						Plain bar	
Designation		26 WR	32 WR	36 WR	40 WR	47 WR	32 WS	36 WS	
Nominal diameter	$d_n$ mm	26.5	32	36	40	47	32	36	
Cross section area	$S_n$ mm <sup>2</sup>	552	804	1018	1257	1735	804	1018	
Nominal mass per metre	$M$ kg/m	4.48 <sup>(1)</sup>	6.53 <sup>(1)</sup>	8.27 <sup>(1)</sup>	10.21 <sup>(1)</sup>	14.10 <sup>(1)</sup>	6.31	7.99	
Pitch	$a$ mm	13	16	18	20	21	3.0	3.0	
Characteristic breaking load	$F_{tk}$ kN	580	845	1070	1320	1820	845	1070	
Max. initial stressing force $P_{act,0.95} = S_n \cdot k \cdot 0.95 \cdot f_{tk}$	kN	464	676	856	1056	1456	676	856	
Max. overstressing force $P_{act,max} = S_n \cdot k \cdot 0.95 \cdot f_{act,tk}$	kN	499	722	912	1130	1567	722	912	

(1) The nominal mass per metre includes 3.5% net load bearing portion of ribs.

## 5.2.1. Pembebanan Batang Penggantung Busur Rangka

### 5.2.1.1. Beban Mati

- Berat trotoar :  $0,2 \cdot 2400 \cdot 5 \cdot 1,3 = 3120 \text{ kg/m}$
- Berat pejalan kaki :  $500 \cdot 5 = 2500 \text{ kg/m}$   
 $Q_{D1} = 3120 + 2500 = 5620 \text{ kg/m}$   
 $P_{D1} = 1 \text{ m} \cdot 5620 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 5620 \text{ kg}$
- Berat pelat lantai kendaraan :  
 $0,20 \cdot 2400 \cdot 5 \cdot 1,3 = 3120 \text{ kg/m}$   
 $P_{D2} = \frac{1}{2} \cdot 3120 \cdot 9 = 14040 \text{ kg}$
- Berat gelagar melintang :  $g = 243 \text{ kg/m}$   
 $P_{D3} = \frac{1}{2} \cdot 243 \cdot 9 \cdot 1,1 = 1202,85 \text{ kg}$
- Berat gelagar memanjang :  $g = 107 \text{ kg/m}$   
 $P_{D4} = \frac{1}{2} \cdot 107 \cdot 5 \cdot 1,1 = 294,25 \text{ kg}$
- Berat aspal :  $0,05 \cdot 5 \cdot 2200 \cdot 1,3 = 715 \text{ kg/m}$   
 $P_{D5} = \frac{1}{2} \cdot 715 \cdot 5 = 1787,5 \text{ kg}$

Jadi  $P_D$  total =  $P_{D1} + P_{D2} + P_{D3} + P_{D4} + P_{D5} = 22944,6 \text{ kg}$

### 5.2.1.2. Beban Hidup

#### 5.2.1.2.1. Beban Terbagi Rata UDL

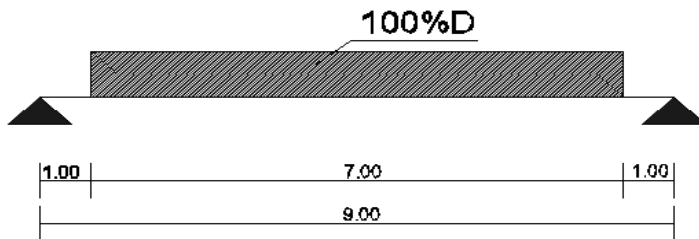
$L \leq 30 \text{ m}$  ;  $q = 9 \text{ KPa}$  ;  $L = 5 \text{ m}$



$$\begin{aligned}
 Q_L &= q \cdot b_1 \cdot K_{TD}^U \\
 &= 900 \cdot 5 \cdot 2 = 9000 \text{ kg/m} \\
 q_1 &= 100\% \cdot 9000 = 9000 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

#### 5.2.1.2.2. Beban Garis KEL

$$\begin{aligned}
 P &= 49 \text{ kN/m} = 4900 \text{ kg/m} ; & \text{DLA} &= 30\% \\
 P_L &= (1 + 0,3) \cdot 4900 \cdot 2 = 11466 \text{ kg/m} \\
 \text{Beban "D"} &= Q_L + P_L = 9000 + 11466 = 19566 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$



**Gambar 5.4** Kombinasi Beban UDL + KEL

$$\begin{aligned}
 \sum M_B &= 0 \\
 &= V_A \cdot 9 - (q_1 \cdot 7 \text{ m} \cdot 4,5 \text{ m}) \\
 &= V_A \cdot 9 - (19566 \cdot 7 \cdot 4,5) \\
 &= 68481 \text{ kg (menentukan)}
 \end{aligned}$$

#### 5.2.1.3. Beban Lain-lain

Berat sambungan dan berat ikatan angin bawah diasumsikan sebesar 10% dari beban mati ( $P_D$  total), sehingga satu penggantung busur menerima beban tersebut sebesar:

$$0,1 \cdot 22944,6 = 2294,46 \text{ kg}$$

Sehingga, penggantung busur menerima beban sebesar :

$$R_A = P_{D \text{ total}} + V_A + \text{beban lain} - \text{lain}$$

$$R_A = 22944,6 + 68481 + 2294,46 = 92758,935 \text{ kg}$$

Kontrol tegangan

Diambil pada batang terpanjang, yakni batang  $T_9$  pada titik 0

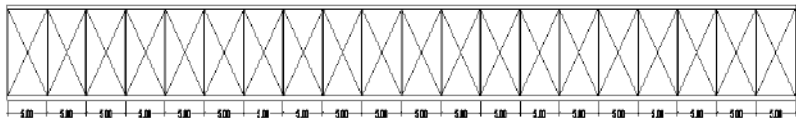
$$\begin{aligned}
 P_U &= R_{A \text{ total}} + \text{berat sendiri penggantung} \\
 &= 92758,935 + 14,10 = 92773,035 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kekuatan leleh batang tarik :

$$\begin{aligned}
 P_n &= f_y \cdot A_g \\
 &= 839,19 \cdot 1735 = 1455994,65 \text{ kg} \\
 \phi P_n &= 0,9 \cdot 1455994,65 = 1310395,185 \text{ kg} \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

### 5.3. Pra-pemodelan Struktur Jembatan Busur

Pemodelan struktur tugas akhir ini adalah jembatan dengan tipe busur baja. Struktur yang direncanakan jembatan busur baja yang memiliki panjang bentang jembatan 100 meter, ketinggian 18 meter, dan lebar lantai kendaraan 9 meter. denah dari struktur yang ada dalam permodelan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :



**Gambar 5.5** Denah Pembalokan Jembatan Busur Rangka Baja pada Jembatan Pemali

Permodelan struktur jembatan busur rangka baja pada tugas akhir ini dilakukan menggunakan program bantu SAP 2000. Pada program SAP 2000, struktur jembatan busur akan dimodelkan sesuai dengan kondisi yang nyata. Program ini akan membantu dalam beberapa perhitungan yang akan digunakan untuk mengecek apakah struktur sudah memenuhi persyaratan yang ada.

#### 5.3.1. Pembebanan Struktur Utama

Pembebanan struktur jembatan didasarkan pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Jembatan dan Jalan Raya (SNI 1725-2016) dengan rincian sebagai berikut:

##### 1. Beban mati (*dead load*)

Beban mati adalah seluruh bagian Jembatan yang bersifat tetap yang tidak terpisahkan dari jembatan selama masa layannya. Beban mati yang dihitung pada struktur ini antara lain:

- Berat sendiri beton bertulang yang memiliki massa jenis sebesar  $2400 \text{ kg/m}^3$
  - Berat sendiri aspal yang memiliki massa jenis sebesar  $2200 \text{ kg/m}^3$
  - Berat sendiri baja profil yang terpasang sebagai struktur rangka baja berupa rangka utama, balok, dan *bracing* dengan massa jenis sebesar  $7850 \text{ kg/m}^3$
2. Beban hidup (*live load*)
- Beban hidup adalah beban yang bertumpu pada jembatan yang memiliki kemungkinan untuk lepas dari bangunan tersebut. Beban hidup pada jembatan adalah beban lalu lintas yang terdiri dari beban lajur “D” dan beban truk “T”.
3. Beban Angin (*Wind Load*)
- Beban angin adalah beban yang bertumpu pada jembatan akibat besaran gaya angin yang terjadi.
4. Beban Temperatur (*Temperature Load*)
- Beban temperatur adalah beban yang terjadi akibat adanya perubahan suhu pada jembatan. Pada SNI T-1725-2016.

**Tabel 5.3** Temperatur Jembatan Rata-rata Normal  
(Sumber: SNI 1725-2016)

Tipe Bangunan Atas	Temperatur Jembatan Rata-rata Minimum (1)	Temperatur Jembatan Rata-rata Maksimum
Lantai beton di atas gelagar atau boks beton.	15°C	40°C
Lantai beton di atas gelagar, boks atau rangka baja.	15°C	40°C
Lantai pelat baja di atas gelagar, boks atau rangka baja.	15°C	45°C
CATATAN (1) Temperatur jembatan rata-rata minimum bisa dikurangi 5°C untuk lokasi yang terletak pada ketinggian lebih besar dari 500 m diatas permukaan laut.		

**Tabel 5.4** Sifat Bahan Rata-rata Akibat Pengaruh Temperatur

(Sumber: SNI 1725-2016)

**Tabel 19 - Sifat bahan rata-rata akibat pengaruh temperatur**

Bahan	Koefisien perpanjangan akibat suhu ( $\alpha$ )	Modulus Elastisitas (MPa)
Baja	$12 \times 10^{-6}$ per $^{\circ}\text{C}$	200.000
Beton:		
Kuat tekan $<30$ MPa	$10 \times 10^{-6}$ per $^{\circ}\text{C}$	$4700\sqrt{f'_c}$
Kuat tekan $>30$ MPa	$11 \times 10^{-6}$ per $^{\circ}\text{C}$	$4700\sqrt{f'_c}$

Sesuai dengan Tabel 5.3, besarnya temperatur yang digunakan untuk pembebanan dalam jembatan ini adalah  $250^{\circ}\text{C}$  untuk *lantai beton di atas gelagar, boks atau rangka baja* dengan asumsi pada saat pemasangan tidak memperhatikan beban temperatur.

#### 5. Beban gempa (*earthquake load*)

Perhitungan beban gempa jembatan ini dilakukan dengan menganalisa beban gempa statik.

#### 5.3.2. Kombinasi Pembebanan pada Jembatan

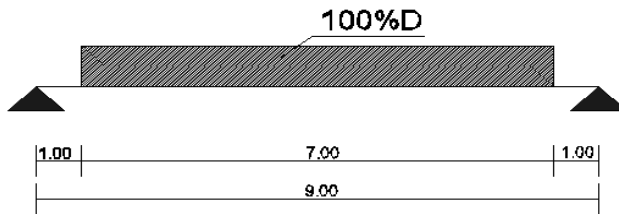
Kombinasi pembebanan diperlukan dalam sebuah perencanaan struktur bangunan maupun jembatan. Pada saat konstruksi, tentunya beban-beban yang bekerja pada struktur hanyalah beban-beban mati saja dan beban hidup sementara akibat dari pekerja bangunan. Sedangkan pada masa layan, beban-beban hidup permanen dari aktifitas pemakai jembatan. Hal ini tentunya akan berdampak pada kekuatan rencana elemen struktur yang direncanakan berdasarkan kombinasi pembebanan terbesar akibat penjumlahan beban-beban yang bekerja dengan faktor beban LRFD (*Load Resistance Factor Design*).

Kombinasi pembebanan yang dipakai pada struktur jembatan ini mengacu pada SNI 1725-2016 tentang pembebanan pada jembatan.

## 5.4. Pemodelan Struktur Utama (2 Dimensi)

### 5.4.1. Garis Pengaruh Rangka Per Segmen

Untuk kasus Jembatan Busur, agar mendapatkan gaya batang maksimal akibat beban hidup, digunakan dengan cara membagi busur per segmen untuk perhitungannya dan dicari garis pengaruh dari batang yang ditinjau. Pertama, beban berjalan dilakukan untuk mendapatkan garis pengaruh pada batang yang ditinjau. Selanjutnya, kombinasi dari beban UDL + Kel diposisikan sesuai dengan besar garis pengaruh positif dan negatifnya (tarik atau tekan). Besarnya beban UDL + KEL yang diinput untuk mencari gaya aksial batang maksimum yaitu kombinasi beban UDL dan KEL yang asimetris.



**Gambar 5.6** Kombinasi beban UDL

$$L \leq 30 \text{ m}; q = 9 \text{ kPa}; L = 5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} Q_L &= q \cdot b_1 \cdot K^U_{TD} \\ &= 900 \cdot 5 = 4500 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

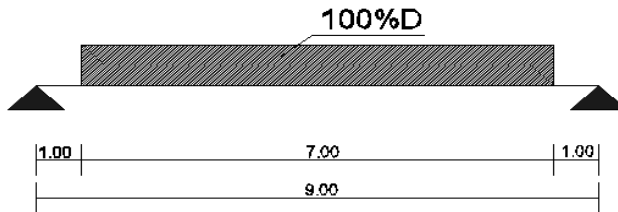
$$q_1 = 100\% \cdot 4500 = 4500 \text{ kg/m}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$V_A \cdot 9 - (q_1 \cdot 7 \text{ m} \cdot 4,5 \text{ m}) = 0$$

$$V_A \cdot 9 - (4500 \cdot 7 \text{ m} \cdot 4,5 \text{ m})$$

$$V_A = 15531,25 \text{ kg}$$



**Gambar 5.7** Kombinasi Beban KEL

$$P = 49 \text{ kN/m} = 4900 \text{ kg/m}; \quad DLA = 30\%$$

$$P_L = (1 + 0,3) \cdot 4900 = 6370 \text{ kg/m}$$

$$q_l = 100\% \cdot 6370 = 6370 \text{ kg/m}$$

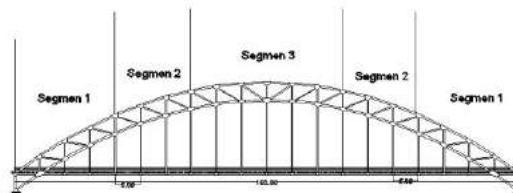
$$\sum M_B = 0$$

$$V_A \cdot 9 - (q_l \cdot 7 \text{ m} \cdot 4,5 \text{ m}) = 0$$

$$V_A \cdot 9 - (6370 \cdot 7 \text{ m} \cdot 4,5 \text{ m}) = 0$$

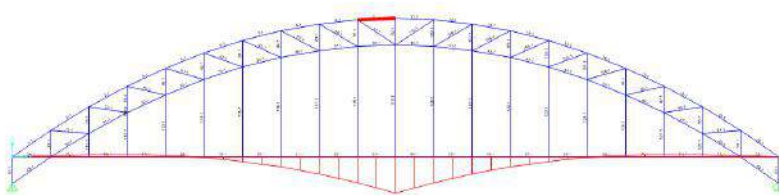
$$V_A = 21366,042 \text{ kg}$$

Pembagian segmen pada perhitungan gaya aksial batang dianggap sebagai wakil dari batang-batang lainnya pada segmen tersebut. Untuk pembagian segmen jembatan bisa dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 5.8** Pembagian Segmen Jembatan Busur

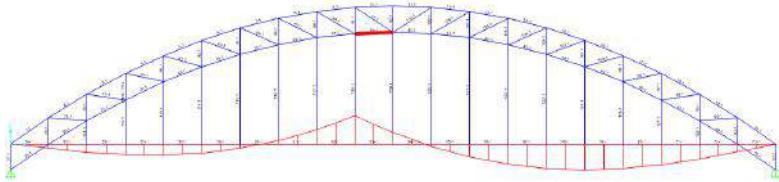
Berikut merupakan lampiran dari analisis garis pengaruh batang akibat beban berjalan 1 ton.



**Gambar 5.9** Garis Pengaruh Batang 10 (Batang Merah) Akibat Beban Berjalan 1 Ton

**Tabel 5.5** Garis Pengaruh Batang 10

path	station	sta. Dist	global X	global Y	global Z	influence/Tonf
GP	1	0	1,00E-03	0	0	1,42E-05
GP	4	5	5,001	0	0	0,071
GP	7	10	10,001	0	0	0,1373
GP	10	15	15,001	0	0	0,1533
GP	13	20	20,001	0	0	0,097
GP	16	25	25,001	0	0	-0,047
GP	19	30	30,001	0	0	-0,2891
GP	22	35	35,001	0	0	-0,6361
GP	25	40	40,001	0	0	-1,0923
GP	28	45	45,001	0	0	-1,6605
GP	31	50	50,001	0	0	-2,3419
GP	34	55	55,001	0	0	-1,66
GP	37	60	60,001	0	0	-1,0916
GP	40	65	65,001	0	0	-0,6353
GP	43	70	70,001	0	0	-0,2881
GP	46	75	75,001	0	0	-0,0458
GP	49	80	80,001	0	0	0,0984
GP	52	85	85,001	0	0	0,1549
GP	55	90	90,001	0	0	0,1387
GP	58	95	95,001	0	0	0,0717
GP	60	99,998	99,999	0	0	1,43E-05

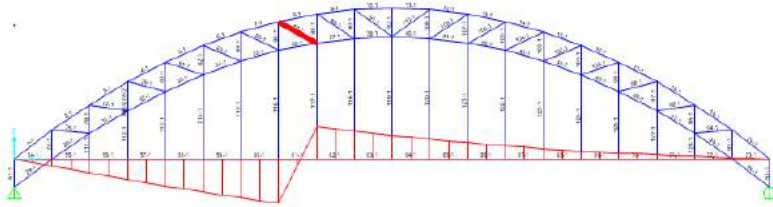


**Gambar 5.10** Garis Pengaruh Batang 39 (Batang Merah) Akibat Beban Berjalan 1 Ton

**Tabel 5.6** Garis Pengaruh Batang 39

path	station	sta. Dist	global X	global Y	global Z	influence/Tonf
GP	1	0	1,00E-03	0	0	-3,52E-05
GP	4	5	5,001	0	0	-0,1761
GP	7	10	10,001	0	0	-0,3467
GP	10	15	15,001	0	0	-0,4556
GP	13	20	20,001	0	0	-0,4762
GP	16	25	25,001	0	0	-0,3896
GP	19	30	30,001	0	0	-0,183
GP	22	35	35,001	0	0	0,1516
GP	25	40	40,001	0	0	0,6198
GP	28	45	45,001	0	0	1,2245
GP	31	50	50,001	0	0	0,5054
GP	34	55	55,001	0	0	-0,0924
GP	37	60	60,001	0	0	-0,5513
GP	40	65	65,001	0	0	-0,8734
GP	43	70	70,001	0	0	-1,062
GP	46	75	75,001	0	0	-1,1225
GP	49	80	80,001	0	0	-1,063
GP	52	85	85,001	0	0	-0,8963
GP	55	90	90,001	0	0	-0,6409
GP	58	95	95,001	0	0	-0,3232
GP	60	99,998	99,999	0	0	-6,47E-05

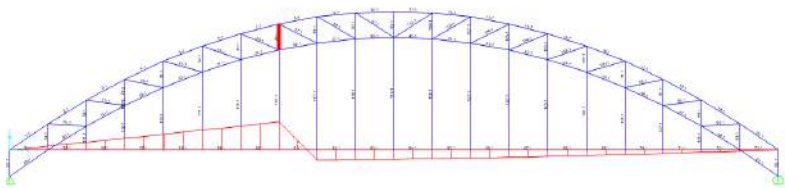




**Gambar 5.11** Garis Pengaruh Batang 87 (Batang Merah) Akibat Beban Berjalan 1 Ton

**Tabel 5.7** Garis Pengaruh Batang 87

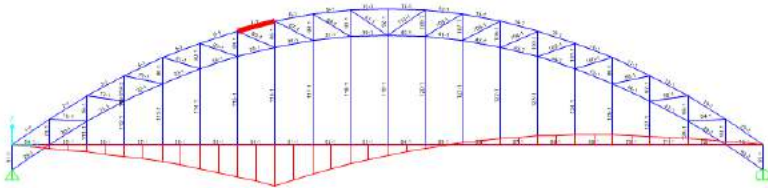
path	station	sta. Dist	global X	global Y	global Z	influence/Tonf
GP	1	0	1,00E-03	0	0	-2,75E-05
GP	4	5	5,001	0	0	-0,1373
GP	7	10	10,001	0	0	-0,2743
GP	10	15	15,001	0	0	-0,4078
GP	13	20	20,001	0	0	-0,5363
GP	16	25	25,001	0	0	-0,6587
GP	19	30	30,001	0	0	-0,7744
GP	22	35	35,001	0	0	-0,8825
GP	25	40	40,001	0	0	0,6535
GP	28	45	45,001	0	0	0,5604
GP	31	50	50,001	0	0	0,4751
GP	34	55	55,001	0	0	0,3966
GP	37	60	60,001	0	0	0,326
GP	40	65	65,001	0	0	0,2632
GP	43	70	70,001	0	0	0,2079
GP	46	75	75,001	0	0	0,1598
GP	49	80	80,001	0	0	0,1185
GP	52	85	85,001	0	0	0,0833
GP	55	90	90,001	0	0	0,0531
GP	58	95	95,001	0	0	0,0264
GP	60	99,998	99,999	0	0	5,28E-06



**Gambar 5.12** Garis Pengaruh Batang 86 (Batang Merah) Akibat Beban Berjalan 1 Ton

**Tabel 5.8** Garis Pengaruh Batang 86

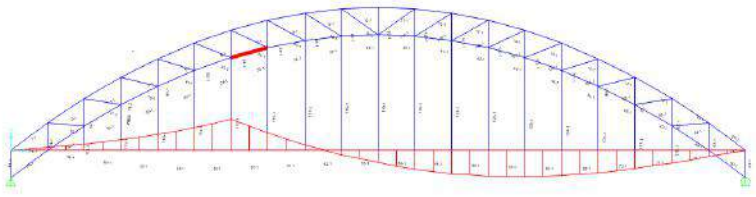
path	station	sta. Dist	global X	global Y	global Z	influence/Tonf
GP	1	0	1,00E-03	0	0	2,02E-05
GP	4	5	5,001	0	0	0,101
GP	7	10	10,001	0	0	0,202
GP	10	15	15,001	0	0	0,3042
GP	13	20	20,001	0	0	0,4079
GP	16	25	25,001	0	0	0,5136
GP	19	30	30,001	0	0	0,6213
GP	22	35	35,001	0	0	0,7312
GP	25	40	40,001	0	0	-0,2615
GP	28	45	45,001	0	0	-0,2519
GP	31	50	50,001	0	0	-0,2398
GP	34	55	55,001	0	0	-0,2256
GP	37	60	60,001	0	0	-0,2089
GP	40	65	65,001	0	0	-0,1897
GP	43	70	70,001	0	0	-0,1682
GP	46	75	75,001	0	0	-0,1444
GP	49	80	80,001	0	0	-0,1184
GP	52	85	85,001	0	0	-0,0906
GP	55	90	90,001	0	0	-0,0612
GP	58	95	95,001	0	0	-0,0306
GP	60	99,998	99,999	0	0	-6,13E-06



**Gambar 5.13** Garis Pengaruh Batang 7 (Batang Merah) Akibat Beban Berjalan 1 Ton

**Tabel 5.9** Garis Pengaruh Batang 7

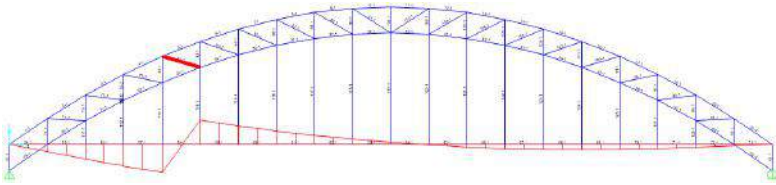
path	station	sta. Dist	global X	global Y	global Z	influence/Tonf
GP	1	0	1,00E-03	0	0	-4,90E-05
GP	4	5	5,001	0	0	-0,245
GP	7	10	10,001	0	0	-0,4941
GP	10	15	15,001	0	0	-0,7894
GP	13	20	20,001	0	0	-1,1508
GP	16	25	25,001	0	0	-1,5927
GP	19	30	30,001	0	0	-2,1244
GP	22	35	35,001	0	0	-2,7519
GP	25	40	40,001	0	0	-1,972
GP	28	45	45,001	0	0	-1,2947
GP	31	50	50,001	0	0	-0,7215
GP	34	55	55,001	0	0	-0,2392
GP	37	60	60,001	0	0	0,1391
GP	40	65	65,001	0	0	0,4148
GP	43	70	70,001	0	0	0,5904
GP	46	75	75,001	0	0	0,67
GP	49	80	80,001	0	0	0,6597
GP	52	85	85,001	0	0	0,569
GP	55	90	90,001	0	0	0,4118
GP	58	95	95,001	0	0	0,208
GP	60	99,998	99,999	0	0	4,16E-05



**Gambar 5.14** Garis Pengaruh Batang 35 (Batang Merah) Akibat Beban Berjalan 1 Ton

**Tabel 5.10** Garis Pengaruh Batang 35

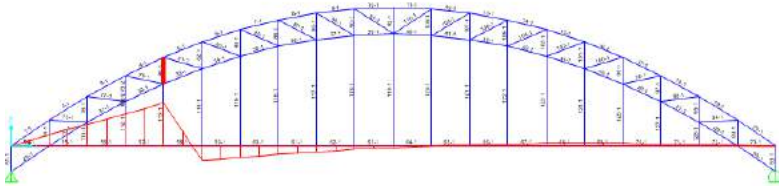
path	station	sta. Dist	global X	global Y	global Z	influence/Tonf
GP	1	0	1,00E-03	0	0	3,96E-05
GP	4	5	5,001	0	0	0,1978
GP	7	10	10,001	0	0	0,4005
GP	10	15	15,001	0	0	0,6571
GP	13	20	20,001	0	0	0,9908
GP	16	25	25,001	0	0	1,4184
GP	19	30	30,001	0	0	1,9505
GP	22	35	35,001	0	0	1,0872
GP	25	40	40,001	0	0	0,3407
GP	28	45	45,001	0	0	-0,2861
GP	31	50	50,001	0	0	-0,7916
GP	34	55	55,001	0	0	-1,1909
GP	37	60	60,001	0	0	-1,4689
GP	40	65	65,001	0	0	-1,6272
GP	43	70	70,001	0	0	-1,6688
GP	46	75	75,001	0	0	-1,5983
GP	49	80	80,001	0	0	-1,423
GP	52	85	85,001	0	0	-1,1539
GP	55	90	90,001	0	0	-0,8071
GP	58	95	95,001	0	0	-0,406
GP	60	99,998	99,999	0	0	-8,12E-05



**Gambar 5.15** Garis Pengaruh Batang 81 (Batang Merah) Akibat Beban Berjalan 1 Ton

**Tabel 5.11** Garis Pengaruh Batang 81

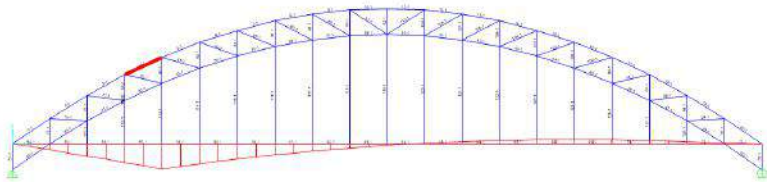
path	station	sta. Dist	global X	global Y	global Z	influence/Tonf
GP	1	0	1,00E-03	0	0	-3,79E-05
GP	4	5	5,001	0	0	-0,1894
GP	7	10	10,001	0	0	-0,3782
GP	10	15	15,001	0	0	-0,5598
GP	13	20	20,001	0	0	-0,7309
GP	16	25	25,001	0	0	0,6311
GP	19	30	30,001	0	0	0,486
GP	22	35	35,001	0	0	0,3556
GP	25	40	40,001	0	0	0,2406
GP	28	45	45,001	0	0	0,1415
GP	31	50	50,001	0	0	0,0584
GP	34	55	55,001	0	0	-0,0107
GP	37	60	60,001	0	0	-0,0637
GP	40	65	65,001	0	0	-0,1009
GP	43	70	70,001	0	0	-0,1227
GP	46	75	75,001	0	0	-0,1297
GP	49	80	80,001	0	0	-0,1228
GP	52	85	85,001	0	0	-0,1036
GP	55	90	90,001	0	0	-0,0741
GP	58	95	95,001	0	0	-0,0373
GP	60	99,998	99,999	0	0	-7,47E-06



**Gambar 5.16** Garis Pengaruh Batang 80 (Batang Merah) Akibat Beban Berjalan 1 Ton

**Tabel 5.12** Garis Pengaruh Batang 80

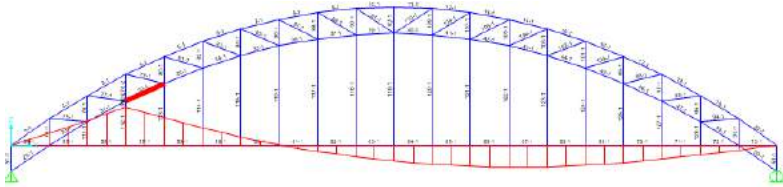
path	station	sta. Dist	global X	global Y	global Z	influence/Tonf
GP	1	0	1,00E-03	0	0	3,53E-05
GP	4	5	5,001	0	0	0,1767
GP	7	10	10,001	0	0	0,353
GP	10	15	15,001	0	0	0,5268
GP	13	20	20,001	0	0	0,6964
GP	16	25	25,001	0	0	-0,1886
GP	19	30	30,001	0	0	-0,1886
GP	22	35	35,001	0	0	-0,1393
GP	25	40	40,001	0	0	-0,0958
GP	28	45	45,001	0	0	-0,0582
GP	31	50	50,001	0	0	-0,0266
GP	34	55	55,001	0	0	-3,12E-04
GP	37	60	60,001	0	0	0,02
GP	40	65	65,001	0	0	0,0344
GP	43	70	70,001	0	0	0,0431
GP	46	75	75,001	0	0	0,0461
GP	49	80	80,001	0	0	0,0441
GP	52	85	85,001	0	0	0,0373
GP	55	90	90,001	0	0	0,0268
GP	58	95	95,001	0	0	0,0135
GP	60	99,998	99,999	0	0	2,70E-06



**Gambar 5.17** Garis Pengaruh Batang 4 (Batang Merah) Akibat Beban Berjalan 1 Ton

**Tabel 5.13** Garis Pengaruh Batang 4

path	station	sta. Dist	global X	global Y	global Z	influence/Tonf
GP	1	0	1,00E-03	0	0	-1,60E-04
GP	4	5	5,001	0	0	-0,7996
GP	7	10	10,001	0	0	-1,6019
GP	10	15	15,001	0	0	-2,4351
GP	13	20	20,001	0	0	-3,3122
GP	16	25	25,001	0	0	-2,6293
GP	19	30	30,001	0	0	-2,0065
GP	22	35	35,001	0	0	-1,448
GP	25	40	40,001	0	0	-0,9564
GP	28	45	45,001	0	0	-0,5334
GP	31	50	50,001	0	0	-0,1801
GP	34	55	55,001	0	0	0,1124
GP	37	60	60,001	0	0	0,3352
GP	40	65	65,001	0	0	0,4894
GP	43	70	70,001	0	0	0,5767
GP	46	75	75,001	0	0	0,5996
GP	49	80	80,001	0	0	0,5625
GP	52	85	85,001	0	0	0,4716
GP	55	90	90,001	0	0	0,3361
GP	58	95	95,001	0	0	0,1694
GP	60	99,998	99,999	0	0	3,39E-05

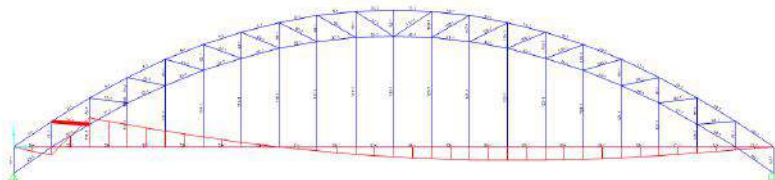


**Gambar 5.18** Garis Pengaruh Batang 32 (Batang Merah) Akibat Beban Berjalan 1 Ton

**Tabel 5.14** Garis Pengaruh Batang 32

path	station	sta. Dist	global X	global Y	global Z	influence/Tonf
GP	1	0	1,00E-03	0	0	1,63E-04
GP	4	5	5,001	0	0	0,8148
GP	7	10	10,001	0	0	1,6325
GP	10	15	15,001	0	0	2,485
GP	13	20	20,001	0	0	1,7738
GP	16	25	25,001	0	0	1,1236
GP	19	30	30,001	0	0	0,5415
GP	22	35	35,001	0	0	0,0322
GP	25	40	40,001	0	0	-0,4011
GP	28	45	45,001	0	0	-0,7567
GP	31	50	50,001	0	0	-1,0334
GP	34	55	55,001	0	0	-1,2411
GP	37	60	60,001	0	0	-1,3699
GP	40	65	65,001	0	0	-1,4209
GP	43	70	70,001	0	0	-1,396
GP	46	75	75,001	0	0	-1,2983
GP	49	80	80,001	0	0	-1,1325
GP	52	85	85,001	0	0	-0,9057
GP	55	90	90,001	0	0	-0,6284
GP	58	95	95,001	0	0	-0,3158
GP	60	99,998	99,999	0	0	-6,32E-05

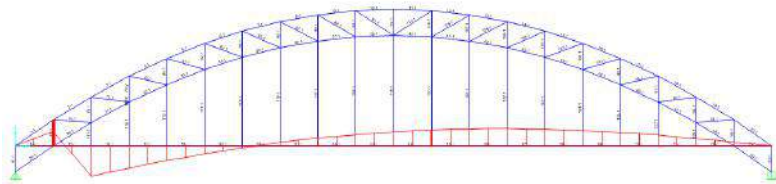




**Gambar 5.19** Garis Pengaruh Batang 75 (Batang Merah) Akibat Beban Berjalan 1 Ton

**Tabel 5.15** Garis Pengaruh Batang 75

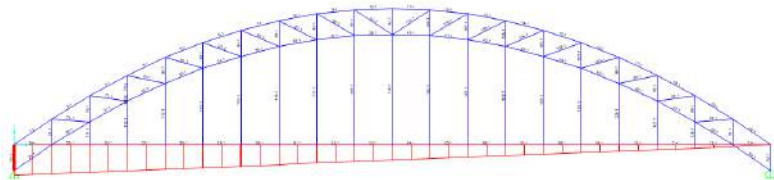
path	station	sta. Dist	global X	global Y	global Z	influence/Tonf
GP	1	0	1,00E-03	0	0	-4,93E-05
GP	4	5	5,001	0	0	-0,2461
GP	7	10	10,001	0	0	0,9744
GP	10	15	15,001	0	0	0,7434
GP	13	20	20,001	0	0	0,5306
GP	16	25	25,001	0	0	0,3358
GP	19	30	30,001	0	0	0,1614
GP	22	35	35,001	0	0	8,89E-03
GP	25	40	40,001	0	0	-0,1209
GP	28	45	45,001	0	0	-0,2274
GP	31	50	50,001	0	0	-0,3103
GP	34	55	55,001	0	0	-0,3725
GP	37	60	60,001	0	0	-0,411
GP	40	65	65,001	0	0	-0,4262
GP	43	70	70,001	0	0	-0,4187
GP	46	75	75,001	0	0	-0,3894
GP	49	80	80,001	0	0	-0,3396
GP	52	85	85,001	0	0	-0,2716
GP	55	90	90,001	0	0	-0,1884
GP	58	95	95,001	0	0	-0,0947
GP	60	99,998	99,999	0	0	-1,89E-05



**Gambar 5.20** Garis Pengaruh Batang 74 (Batang Merah) Akibat Beban Berjalan 1 Ton

**Tabel 5.16** Garis Pengaruh Batang 74

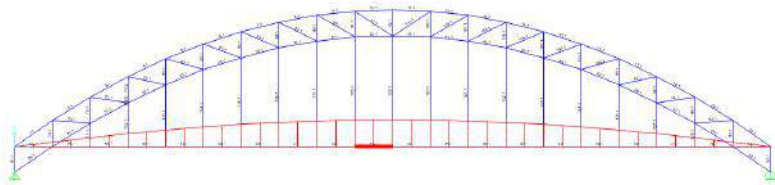
path	station	sta. Dist	global X	global Y	global Z	influence/Tonf
GP	1	0	1,00E-03	0	0	5,36E-05
GP	4	5	5,001	0	0	0,2679
GP	7	10	10,001	0	0	-0,57
GP	10	15	15,001	0	0	-0,4177
GP	13	20	20,001	0	0	-0,2778
GP	16	25	25,001	0	0	-0,1502
GP	19	30	30,001	0	0	-0,0365
GP	22	35	35,001	0	0	0,0624
GP	25	40	40,001	0	0	0,1457
GP	28	45	45,001	0	0	0,2131
GP	31	50	50,001	0	0	0,2643
GP	34	55	55,001	0	0	0,3015
GP	37	60	60,001	0	0	0,3225
GP	40	65	65,001	0	0	0,3276
GP	43	70	70,001	0	0	0,3173
GP	46	75	75,001	0	0	0,292
GP	49	80	80,001	0	0	0,2528
GP	52	85	85,001	0	0	0,2011
GP	55	90	90,001	0	0	0,1391
GP	58	95	95,001	0	0	0,0699
GP	60	99,998	99,999	0	0	1,40E-05



**Gambar 5.21** Garis Pengaruh Batang 51 (Batang Merah) Akibat Beban Berjalan 1 Ton

**Tabel 5.17** Garis Pengaruh Batang 51

path	station	sta. Dist	global X	global Y	global Z	influence/Tonf
GP	1	0	1,00E-03	0	0	-1
GP	4	5	5,001	0	0	-0,95
GP	7	10	10,001	0	0	-0,9
GP	10	15	15,001	0	0	-0,85
GP	13	20	20,001	0	0	-0,8
GP	16	25	25,001	0	0	-0,75
GP	19	30	30,001	0	0	-0,7
GP	22	35	35,001	0	0	-0,65
GP	25	40	40,001	0	0	-0,6
GP	28	45	45,001	0	0	-0,55
GP	31	50	50,001	0	0	-0,5
GP	34	55	55,001	0	0	-0,45
GP	37	60	60,001	0	0	-0,4
GP	40	65	65,001	0	0	-0,35
GP	43	70	70,001	0	0	-0,3
GP	46	75	75,001	0	0	-0,25
GP	49	80	80,001	0	0	-0,2
GP	52	85	85,001	0	0	-0,15
GP	55	90	90,001	0	0	-0,1
GP	58	95	95,001	0	0	-0,05
GP	60	99,998	99,999	0	0	-1,00E-05



**Gambar 5.22** Garis Pengaruh Batang 63 (Batang Merah) Akibat Beban Berjalan 1 Ton

**Tabel 5.18** Garis Pengaruh Batang 63

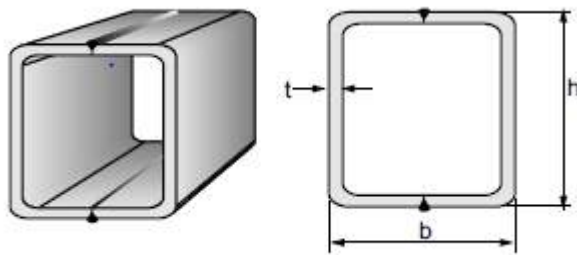
path	station	sta. Dist	global X	global Y	global Z	influence/Tonf
GP	1	0	1,00E-03	0	0	3,76E-05
GP	4	5	5,001	0	0	0,1881
GP	7	10	10,001	0	0	0,3752
GP	10	15	15,001	0	0	0,5504
GP	13	20	20,001	0	0	0,7086
GP	16	25	25,001	0	0	0,8464
GP	19	30	30,001	0	0	0,9611
GP	22	35	35,001	0	0	1,0512
GP	25	40	40,001	0	0	1,1157
GP	28	45	45,001	0	0	1,154
GP	31	50	50,001	0	0	1,1657
GP	34	55	55,001	0	0	1,1541
GP	37	60	60,001	0	0	1,1158
GP	40	65	65,001	0	0	1,0513
GP	43	70	70,001	0	0	0,9612
GP	46	75	75,001	0	0	0,8466
GP	49	80	80,001	0	0	0,7089
GP	52	85	85,001	0	0	0,5507
GP	55	90	90,001	0	0	0,3754
GP	58	95	95,001	0	0	0,1882
GP	60	99,998	99,999	0	0	3,77E-05

Dari hasil garis pengaruh batang batang tersebut, kemudian beban diinput pada SAP2000. Beban hidup (KEL+UDL) dimasukkan sesuai dengan letak tarik tekan pada garis pengaruh batang tersebut. Setelah itu, didapatkan untuk besaran aksial maksimum pembebanan, yang dapat dilihat pada **Tabel 5.19**.

**Tabel 5.19** Kombinasi Pembebanan pada Struktur

No	No Batang	Posisi	Gaya (Kg)					
			Dead	Superdead	Temperatur	UDL+KEL(+)	UDL+KEL(-)	Total(+)
			1,3	2	1,2	2	2	Kg
1	10	tepi atas segmen 3	-47612,6	-212550,98	4,547E-10	8404,46	-237547,93	-470189
2	39	tepi bawah segmen 3	-13664,6	-56857,19	3,411E-10	8404,46	-130195,45	-114669
3	87	diagonal segmen 3	-1981,18	-3163,81	-3,126E-10	67560,07	-74656,75	126217
4	86	vertikal segmen 3	2550,12	17701,09	2,558E-10	54373,27	-29793,97	147463,9
5	7	tepi atas segmen 2	-50809,5	-224381,1	1,364E-09	55734,34	-292697,16	-403346
6	35	tepi bawah segmen 2	-10704,3	-46091,16	1,364E-09	171360,42	-196422,5	236622,9
7	81	diagonal segmen 2	-1847,09	-6511,46	-1,421E-11	45907,48	-54846,26	76390,82
8	80	vertikal segmen 2	3245,82	21077,87	1,421E-10	45629,32	-17891,24	137633,9
9	4	tepi atas segmen 1	-63776,6	-258300,97	-2,274E-10	55922,05	-332945,67	-487667
10	32	tepi bawah segmen 1	-4650,38	-31817,48	1,819E-09	193548,65	-194683,83	317416,8
11	75	diagonal segmen 1	-946,74	-6657,4	-1,421E-10	68084,44	-63953,95	121623,3
12	74	vertikal segmen 1	3513,74	27242,28	2,842E-10	59357,85	-36118,32	177768,1
13	51	vertikal akhir	-49000,8	-186625,86	2,842E-10		-184568,8	
14	63	batang tarik	67810,2	269638,79	1,819E-09	224656,88		1076745

Setelah mendapatkan gaya aksial dengan menggunakan program SAP2000, desain dari profil rangka utama busur jembatan dapat ditentukan. Rangka utama jembatan busur baja ini menggunakan profil kotak (*square/box*). Detail profil rangka busur utama didapatkan dari Brosur *PT. Gunung Raja Paksi* dengan lampiran sebagai berikut :



**Gambar 5.23** Ilustari Penampang Rangka Utama Busur dengan Menggunakan Profil *Square/Box*  
(Sumber *PT. Gunung Raja Paksi Steel*)

Untuk mutu dari profil baja *square/box* dapat dilihat pada **Tabel 5.20**.

**Tabel 5.20** Brosur Baja *Square/Box PT. Gunung Raja Paksi Steel*  
(*Square Hollow Section*)  
(Sumber : *PT Gunung Raja Paksi Steel*)

**MECHANICAL PROPERTIES**

GRADE	Y.S (Mpa)			T.S (Mpa)	E (%)
	$t \leq 16 \text{ mm}$	$16 \text{ mm} \leq t \leq 40 \text{ mm}$	$t \leq 40 \text{ mm}$		
SS 400	245	235	215	400 - 510	21
A 36	250	250	250	400 - 550	20
SM 490 A & B	325	315	295	490 - 610	17
GR 50 A	355	345	340	490 - 640	18

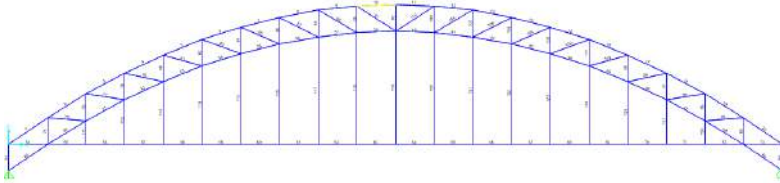
**Tabel 2.1** Brosur Dimensi Baja *Square/Box PT. Gunung Raja Paksi Steel*  
(Sumber : PT. Gunung Raja Paksi Steel)

DIMENSION		t	R	WEIGHT	AREA	MOMENT OF INERTIA	MOMENT OF RESISTANT	RADIUS OF GYRATION
H	B					$I_x = I_y$	$Z_x = Z_y$	$i_x = i_y$
mm	mm	mm	mm	kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
180	180	6.30	18	33.56	42.41	2,095.65	232.85	7.03
180	180	8.00	18	41.92	52.84	2,543.98	282.87	8.34
180	180	10.00	18	51.36	64.57	3,016.80	335.20	8.84
220	220	6.30	18	41.48	52.49	3,939.93	358.18	8.66
220	220	8.00	18	51.96	65.64	4,828.01	438.91	8.58
220	220	10.00	18	63.92	80.57	5,782.46	525.68	8.47
200	200	8.00	18	46.94	59.24	3,566.25	356.63	7.76
200	200	9.00	18	52.34	66.67	3,990.00	399.00	7.73
200	200	10.00	18	57.64	72.57	4,251.06	425.11	7.65
200	200	12.00	18	67.92	86.53	4,980.00	498.00	7.59
250	250	8.00	18	59.50	75.24	7,229.20	578.34	9.80
250	250	9.00	18	66.48	84.67	8,090.00	647.00	9.78
250	250	10.00	18	73.34	92.57	8,706.67	696.53	9.70
250	250	12.00	18	86.76	110.50	10,300.00	820.00	9.63
250	250	16.00	45	112.38	138.80	12,000.00	968.00	9.32
260	260	6.30	18	49.38	62.57	6,634.95	510.38	10.30
260	260	8.00	18	62.00	78.44	8,178.02	629.08	10.21
260	260	10.00	18	76.48	96.57	9,864.65	758.82	10.11
260	260	11.00	18	83.56	105.41	10,656.87	819.76	10.06
300	300	8.00	18	72.06	91.24	12,800.69	853.38	11.84
300	300	9.00	18	80.60	102.70	14,300.00	956.00	11.80
300	300	10.00	18	89.04	112.57	15,519.37	1,034.62	11.74
300	300	12.00	18	105.60	134.50	18,300.00	1,220.00	11.70
300	300	16.00	45	137.50	170.80	22,100.00	1,470.00	11.40
350	350	9.00	18	94.74	120.70	23,200.00	1,320.00	13.90
350	350	12.00	18	124.44	158.50	29,800.00	1,700.00	13.70
350	350	16.00	45	162.62	202.80	36,500.00	2,090.00	13.40
350	350	19.00	45	190.18	233.80	40,700.00	2,320.00	13.20
400	400	12.00	18	143.28	180.10	44,300.00	2,220.00	15.70
400	400	16.00	45	187.74	234.80	56,200.00	2,810.00	15.50
400	400	19.00	45	220.02	271.80	63,100.00	3,160.00	15.20
400	400	22.00	75	251.34	300.20	66,200.00	3,310.00	14.80
400	400	25.00	75	281.74	346.00	76,500.00	3,830.00	14.90
450	450	12.00	18	162.12	204.10	64,200.00	2,850.00	17.70
450	450	16.00	45	212.86	266.80	81,800.00	3,640.00	17.50
450	450	19.00	45	249.84	309.80	92,600.00	4,120.00	17.30
450	450	22.00	75	285.88	344.20	98,500.00	4,380.00	16.90
450	450	25.00	75	321.00	396.00	113,600.00	5,050.00	16.90
500	500	12.00	18	180.96	228.10	89,300.00	3,570.00	19.80
500	500	16.00	45	237.98	298.80	114,000.00	4,570.00	19.60
500	500	19.00	45	279.68	347.80	130,000.00	5,200.00	19.30
500	500	22.00	75	320.42	388.20	140,000.00	5,580.00	19.00
500	500	25.00	75	360.24	446.00	160,900.00	6,440.00	19.00
550	550	12.00	18	198.80	252.10	120,100.00	4,370.00	21.80
550	550	16.00	45	268.10	330.80	154,500.00	5,620.00	21.60
550	550	19.00	45	309.50	388.10	178,500.00	6,490.00	21.40
550	550	22.00	75	354.96	443.90	200,800.00	7,300.00	21.30
550	550	25.00	75	399.50	496.00	219,800.00	7,990.00	21.00
600	600	12.00	18	218.64	276.10	157,300.00	5,240.00	23.80
600	600	16.00	45	288.22	362.80	203,000.00	6,770.00	23.70
600	600	19.00	45	339.34	426.10	235,100.00	7,840.00	23.50
600	600	22.00	75	389.50	487.90	265,200.00	8,840.00	23.30
600	600	25.00	75	438.74	546.00	291,400.00	9,710.00	23.10
650	650	12.00	18	237.48	300.10	201,500.00	6,200.00	25.90
650	650	16.00	45	313.34	394.80	260,800.00	8,020.00	25.70
650	650	19.00	45	369.16	464.10	302,500.00	9,310.00	25.50
650	650	22.00	75	424.04	531.90	342,100.00	10,520.00	25.40
650	650	25.00	75	478.00	596.00	377,000.00	11,600.00	25.10
700	700	12.00	18	268.32	324.10	263,300.00	7,240.00	28.00
700	700	16.00	45	338.46	426.80	328,500.00	9,380.00	27.70
700	700	19.00	45	399.00	502.10	381,800.00	10,910.00	27.60
700	700	22.00	75	458.58	575.90	432,500.00	12,360.00	27.40
700	700	25.00	75	517.24	646.00	477,900.00	13,850.00	27.20

### 5.4.2. Desain Profil Rangka Utama Jembatan Busur

Untuk perhitungan detail manual profil rangka utama jembatan busur dapat dilihat pada beberapa perhitungan dengan tinjauan sesuai gambar yang terlampir.

#### 5.4.2.1. Batang 10



**Gambar 5.24** Posisi Batang 10 pada Rangka Busur Utama Jembatan

Gaya aksial batang : -962094,213 Kg (Tekan)

Desain batang menggunakan profil *square/box* dengan mutu GR 50A, sesuai spesifikasi dari brosur PT. Gunung Raja Paksi *Steel* (Tabel 5.20-5.21)

b	= 400 mm	h	= 400 mm	t	= 25 mm
A	= 271,8 cm <sup>2</sup>	W	= 220,02 kg/m	f <sub>y</sub>	= 3450 kg/cm <sup>2</sup>
I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub>	= 63100 cm <sup>4</sup>	Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub>	= 3160 cm <sup>3</sup>	I <sub>x</sub> =i <sub>y</sub>	= 15,2 cm

#### Kontrol Kelangsingan Penampang

$$\frac{b}{t} = \frac{400}{19} = 21,053$$

$$21,053 < 33,65 \quad \text{OK}$$

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{345}} = 33,65$$



**Kontrol Kapasitas Tekan :**

- faktor panjang tekuk ( $Kcx$ ) = 1
- faktor panjang tekuk ( $Kcy$ ) = 1
- Panjang batang ( $Lx$ ) = 5 m = 500 cm
- Panjang batang ( $Ly$ ) = 5 m = 500 cm

$$\lambda_x = \frac{Kcx \cdot Lx}{ix} = \frac{1 \cdot 500}{15,2} = 32,9$$

$$\lambda_y = \frac{Kcy \cdot Ly}{iy} = \frac{1 \cdot 500}{15,2} = 32,9$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{32,9}{\pi} \sqrt{\frac{345}{200000}} = 0,435$$

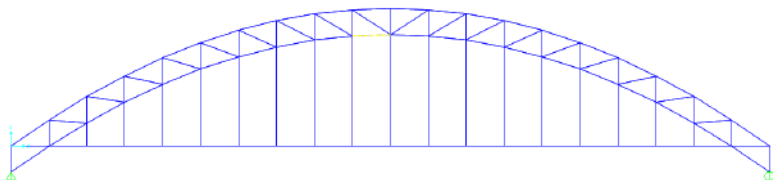
$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,435} = 1,093$$

Sehingga kuat nominal penampang :

$$Pn = Ag \frac{fy}{\omega} = 271,8 \frac{3450}{1,093} = 1161553,82 \text{ kg}$$

$$\phi Pn = 0,85 \cdot 1161553,82 = 987320,75 \text{ kg}$$

$$\phi Pn = 987320,75 \text{ kg} > Pu = 962094,213 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

**5.4.2.2. Batang 39**

**Gambar 5.25** posisi Batang 39 pada Rangka Busur Utama Jembatan

Gaya aksial batang : -391869,3 Kg (Tekan)

Desain batang menggunakan profil *square/box* dengan mutu GR 50A, sesuai spesifikasi dari brosur PT. Gunung Raja Paksi *Steel* (Tabel 5.20-5.21)

b	= 400 mm	h	= 400 mm	t	= 16 mm
A	= 234,8 cm <sup>2</sup>	W	= 188,74 kg/m	f <sub>y</sub>	= 3450 kg/cm <sup>2</sup>
I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub>	= 56200 cm <sup>4</sup>	Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub>	= 2810 cm <sup>3</sup>	I <sub>x</sub> =i <sub>y</sub>	= 15,5 cm

### Kontrol Kelangsingan Penampang

$$\frac{b}{t} = \frac{400}{16} = 25$$

$$25 < 33,65 \quad \mathbf{OK}$$

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{345}} = 33,65$$

### Kontrol Kapasitas Tekan :

- faktor panjang tekuk (K<sub>cx</sub>) = 1
- faktor panjang tekuk (K<sub>cy</sub>) = 1
- Panjang batang (L<sub>x</sub>) = 5 m = 500 cm
- Panjang batang (L<sub>y</sub>) = 5 m = 500 cm

$$\lambda_x = \frac{K_{cx} \cdot L_x}{i_x} = \frac{1 \cdot 500}{15,5} = 32,26$$

$$\lambda_y = \frac{K_{cy} \cdot L_y}{i_y} = \frac{1 \cdot 500}{15,5} = 32,26$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{32,26}{\pi} \sqrt{\frac{345}{200000}} = 0,427$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,427} = 1,022$$

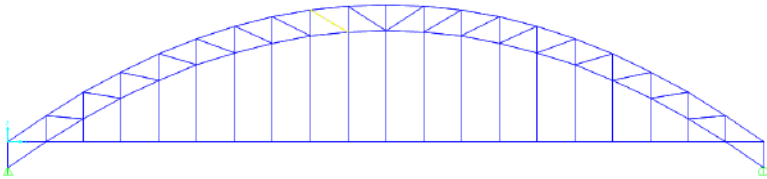
Sehingga kuat nominal penampang :

$$P_n = A_g \frac{f_y}{\omega} = 234,8 \frac{3450}{1,022} = 792817,414 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 792817,414 = 673894,802 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 673894,802 \text{ kg} > P_u = 391869,3 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

### 5.4.2.3. Batang 87



**Gambar 5.26** Posisi Batang 87 pada Rangka Busur Utama Jembatan

Gaya aksial batang : 126216,986 Kg (Tarik)  
-158216,654 Kg (Tekan)

Desain batang menggunakan profil *square/box* dengan mutu GR 50A, sesuai spesifikasi dari brosur PT. Gunung Raja Paksi *Steel* (Tabel 5.20-5.21)

b	= 220 mm	h	= 220 mm	t	= 10 mm
A	= 86,53 cm <sup>2</sup>	W	= 67,92 kg/m	f <sub>y</sub>	= 3550 kg/cm <sup>2</sup>
I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub>	= 4980 cm <sup>4</sup>	Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub>	= 498 cm <sup>3</sup>	I <sub>x</sub> =i <sub>y</sub>	= 7,59 cm

**Kontrol Kelangsingan Penampang**

$$\frac{b}{t} = \frac{200}{12} = 16,67$$

$$16,67 < 33,172 \quad \text{OK}$$

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{355}} = 33,172$$

**Kontrol Kapasitas Tekan :**

- faktor panjang tekuk ( $K_{cx}$ ) = 1
- faktor panjang tekuk ( $K_{cy}$ ) = 1
- Panjang batang ( $L_x$ ) = 5,6 m = 560 cm
- Panjang batang ( $L_y$ ) = 5,6 m = 560 cm

$$\lambda_x = \frac{K_{cx} \cdot L_x}{i_x} = \frac{1 \cdot 560}{7,59} = 73,781$$

$$\lambda_y = \frac{K_{cy} \cdot L_y}{i_y} = \frac{1 \cdot 560}{7,59} = 73,781$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{73,781}{\pi} \sqrt{\frac{355}{200000}} = 0,99 \text{ ; karena } 0,25 < \lambda_c < 1,2 \text{ maka:}$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,99} = 1,53$$

Sehingga kuat nominal penampang :

$$P_n = A_g \frac{f_y}{\omega} = 86,53 \frac{3550}{1,53} = 253764,1 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 253764,1 = 190323,075 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 190323,075 \text{ kg} > P_u = 158216,654 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

### Kontrol Tarik

#### Kuat Putus

$$A_e = 0,85 \cdot A_g = 0,85 \cdot 86,53 = 73,55 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \cdot f_u = 73,55 \cdot 5650 = 415557,5 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 415557,5 \cdot 0,75 = 311668,13 \text{ Kg}$$

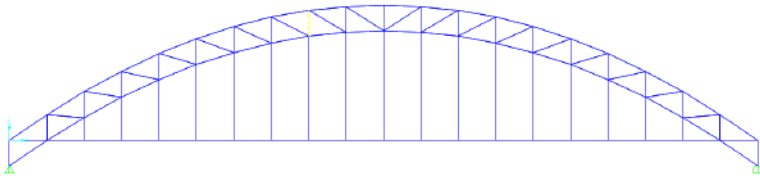
$$\phi P_n = 311668,13 \text{ Kg} > 126216,9 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

#### Kuat leleh

$$P_n = \phi \cdot A_g \cdot f_y = 0,9 \cdot 86,53 \cdot 3550 = 276463,35 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 276463,35 \text{ Kg} > 126216,9 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

#### 5.4.2.4. Batang 86



**Gambar 5.27** Posisi Batang 86 pada Rangka Busur Utama Jembatan

Gaya aksial batang : 147463,876 Kg (Tarik)  
-14911,81 Kg (Tekan)

Desain batang menggunakan profil *square/box* dengan mutu GR 50A, sesuai spesifikasi dari brosur PT. Gunung Raja Paksi *Steel* (Tabel 5.20-5.21)

b	= 180 mm	h	= 180 mm	t	= 8 mm
A	= 52,84 cm <sup>2</sup>	W	= 41,92 kg/m	f <sub>y</sub>	= 3550 kg/cm <sup>2</sup>
I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub>	= 2545 cm <sup>4</sup>	Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub>	= 282,87 cm <sup>3</sup>	I <sub>x</sub> =i <sub>y</sub>	= 6,94 cm

**Kontrol Kelangsingan Penampang**

$$\frac{b}{t} = \frac{180}{8} = 22$$

$$22 < 33,172$$

**OK**

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{355}} = 33,172$$

**Kontrol Kapasitas Tekan :**

- faktor panjang tekuk (K<sub>cx</sub>) = 1
- faktor panjang tekuk (K<sub>cy</sub>) = 1
- Panjang batang (L<sub>x</sub>) = 3,42 m = 342 cm
- Panjang batang (L<sub>y</sub>) = 3,42 m = 342 cm

$$\lambda_x = \frac{K_{cx} \cdot L_x}{i_x} = \frac{1 \cdot 342}{7,65} = 49,28$$

$$\lambda_y = \frac{K_{cy} \cdot L_y}{i_y} = \frac{1 \cdot 342}{7,65} = 49,28$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{49,28}{\pi} \sqrt{\frac{355}{200000}} = 0,6 ; \text{karena } 0,25 < \lambda_c < 1,2 \text{ maka:}$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,6} = 1,109$$

Sehingga kuat nominal penampang :

$$P_n = A_g \frac{f_y}{\omega} = 52,84 \frac{3550}{1,109} = 216810,83 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 216810,83 = 143766,845 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 143766,845 \text{ kg} > P_u = 14911,81 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

### Kontrol Tarik

#### Kuat Putus

$$A_e = 0,85 \cdot A_g = 0,85 \cdot 52,84 = 44,914 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \cdot f_u = 44,914 \cdot 5650 = 253764,1 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 253764,1 \cdot 0,75 = 190323,075 \text{ Kg}$$

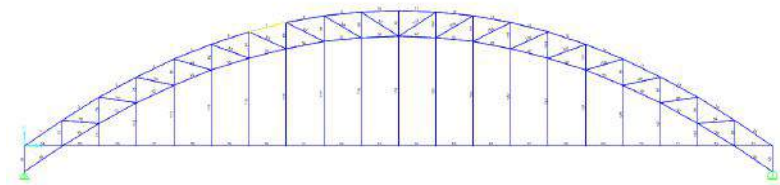
$$\phi P_n = 190323,075 \text{ Kg} > 147463,876 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

#### Kuat leleh

$$P_n = \phi \cdot A_g \cdot f_y = 0,9 \cdot 52,84 \cdot 3550 = 168823,8 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 168823,8 \text{ Kg} > 147463,87 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

### 5.4.2.5. Batang 7



**Gambar 5.28** Posisi Batang 7 pada Rangka Busur Utama Jembatan

Gaya aksial batang : 789642,41 Kg (Tekan)

Desain batang menggunakan profil *square/box* dengan mutu GR 50A, sesuai spesifikasi dari brosur PT. Gunung Raja Paksi Steel (Tabel 5.20-5.21)

$$\begin{array}{llll}
 b & = 500 \text{ mm} & h & = 500 \text{ mm} & t & = 22 \text{ mm} \\
 A & = 300,2 \text{ cm}^2 & W & = 251,34 \text{ kg/m} & f_y & = 3450 \text{ kg/cm}^2 \\
 I_x=I_y & = 66200 \text{ cm}^4 & Z_x=Z_y & = 3310 \text{ cm}^3 & I_x=i_y & = 14,80 \text{ cm}
 \end{array}$$

### Kontrol Kelangsingan Penampang

$$\frac{b}{t} = \frac{400}{22} = 18,18$$

$$18,18 < 33,65 \quad \text{OK}$$

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{345}} = 33,65$$

### Kontrol Kapasitas Tekan :

- faktor panjang tekuk ( $K_{cx}$ ) = 1
- faktor panjang tekuk ( $K_{cy}$ ) = 1
- Panjang batang ( $L_x$ ) = 5,156 m = 515,6 cm
- Panjang batang ( $L_y$ ) = 5,156 m = 515,6 cm

$$\lambda_x = \frac{K_{cx} \cdot L_x}{i_x} = \frac{1 \cdot 515,6}{14,8} = 34,84$$

$$\lambda_y = \frac{K_{cy} \cdot L_y}{i_y} = \frac{1 \cdot 515,6}{14,8} = 34,84$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{34,84}{\pi} \sqrt{\frac{345}{200000}} = 0,461 \text{ ; karena } 0,25 < \lambda_c < 1,2 \text{ maka:}$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,461} = 1,108$$

Sehingga kuat nominal penampang :

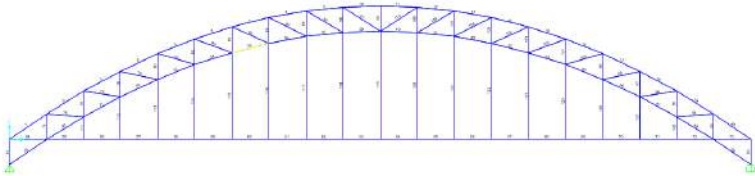
$$P_n = A_g \frac{f_y}{\omega} = 300,20 \frac{3450}{1,108} = 934738,27 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 934738,27 = 794527,53 \text{ Kg}$$



$$\phi P_n = 794527,53 \text{ kg} > P_u = 789642,41 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

#### 5.4.2.6. Batang 35



**Gambar 5.29** Posisi Batang 35 pada Rangka Busur Utama Jembatan

Gaya aksial batang : 20350,859 Kg (Tarik)  
-498942,897 Kg (Tekan)

Desain batang menggunakan profil *square/box* dengan mutu GR 50A, sesuai spesifikasi dari brosur PT. Gunung Raja Paksi *Steel* (Tabel 5.20-5.21)

b	= 400 mm	h	= 400 mm	t	= 16 mm
A	= 234,8 cm <sup>2</sup>	W	= 187,74 kg/m	f <sub>y</sub>	= 3450 kg/cm <sup>2</sup>
I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub>	= 56200 cm <sup>4</sup>	Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub>	= 2810 cm <sup>3</sup>	I <sub>x</sub> =i <sub>y</sub>	= 15,5 cm

#### Kontrol Penampang:

$$\frac{b}{t} = \frac{400}{16} = 25$$

$$25 < 33,65 \quad \text{OK}$$

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{345}} = 33,65$$

#### Kontrol Kapasitas Tekan :

- faktor panjang tekuk (K<sub>cx</sub>) = 1
- faktor panjang tekuk (K<sub>cy</sub>) = 1
- Panjang batang (L<sub>x</sub>) = 5,16 m = 516 cm

- Panjang batang ( $L_y$ )  $= 5,16 \text{ m} = 516 \text{ cm}$

$$\lambda_x = \frac{K_{cx} \cdot L_x}{i_x} = \frac{1 \cdot 516}{15,5} = 45,23$$

$$\lambda_y = \frac{K_{cy} \cdot L_y}{i_y} = \frac{1 \cdot 516}{15,5} = 45,23$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{45,23}{\pi} \sqrt{\frac{345}{200000}} = 0,66$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,66} = 1,11$$

Sehingga kuat nominal penampang :

$$P_n = A_g \frac{f_y}{\omega} = 234,8 \frac{3450}{1,11} = 747164,989 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 747164,989 = 635090,241 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 635090,241 \text{ kg} > P_u = 498942,89 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

### Kontrol Tarik

#### Kuat Putus

$$A_e = 0,85 \cdot A_g = 0,85 \cdot 234,8 = 199,58 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \cdot f_u = 199,58 \cdot 5650 = 1127627 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 1127627 \cdot 0,75 = 845720,25 \text{ Kg}$$

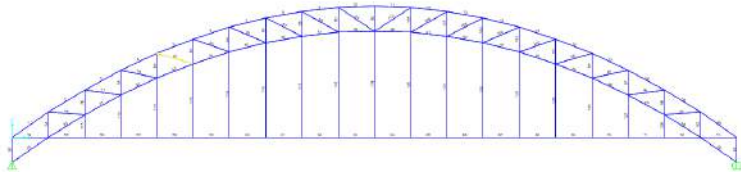
$$\phi P_n = 845720,25 \text{ Kg} > 20350,859 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

#### Kuat leleh

$$P_n = \phi \cdot A_g \cdot f_y = 0,9 \cdot 234,8 \cdot 3550 = 729054 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 729054 \text{ Kg} > 20350,859 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

### 5.4.2.7. Batang 81



**Gambar 5.30** Posisi Batang 81 pada Rangka Busur Utama Jembatan

Gaya aksial batang : 67209,327 Kg (Tarik)  
-125116,657 Kg (Tekan)

Desain batang menggunakan profil *square/box* dengan mutu GR 50A, sesuai spesifikasi dari brosur PT. Gunung Raja Paksi Steel (**Tabel 5.20-5.21**)

b	= 180 mm	h	= 180 mm	t	= 10 mm
A	= 64,57 cm <sup>2</sup>	W	= 51,36 kg/m	f <sub>y</sub>	= 3550 kg/cm <sup>2</sup>
I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub>	= 3016 cm <sup>4</sup>	Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub>	= 335,2 cm <sup>3</sup>	I <sub>x</sub> =i <sub>y</sub>	= 6,84 cm

#### Kontrol Kelangsingan Penampang

$$\frac{b}{t} = \frac{180}{10} = 18$$

$$18 < 33,172 \quad \text{OK}$$

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{355}} = 33,172$$

#### Kontrol Kapasitas Tekan :

- faktor panjang tekuk (K<sub>cx</sub>) = 1
- faktor panjang tekuk (K<sub>cy</sub>) = 1
- Panjang batang (L<sub>x</sub>) = 5,203 m = 520,3 cm
- Panjang batang (L<sub>y</sub>) = 5,203 m = 520,3 cm

$$\lambda_x = \frac{K_{cx} \cdot L_x}{i_x} = \frac{1 \cdot 520,3}{6,84} = 76,06$$

$$\lambda_y = \frac{K_{cy} \cdot L_y}{i_y} = \frac{1 \cdot 520,3}{6,84} = 76,06$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 76,06 \sqrt{\frac{355}{200000}} = 1,02 \text{ ; karena } 0,25 < \lambda_c < 1,2 \text{ maka:}$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 1,02} = 1,276$$

Sehingga kuat nominal penampang :

$$P_n = A_g \frac{f_y}{\omega} = 64,57 \frac{3550}{1,276} = 179619,578 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 179619,578 = 152676,641 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 152676,641 \text{ Kg} > P_u = 125116,6 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

### Kontrol Tarik

#### Kuat Putus

$$A_e = 0,85 \cdot A_g = 0,85 \cdot 64,57 = 54,885 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \cdot f_u \cdot 54,885 \cdot 5650 = 310097,4 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 310097,4 \cdot 0,75 = 232573,069 \text{ Kg}$$

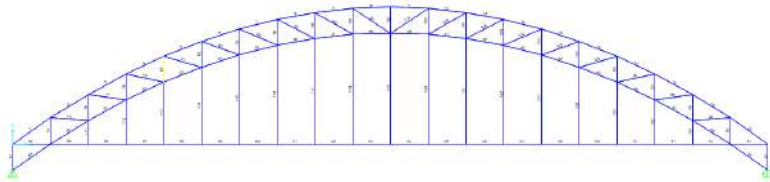
$$\phi P_n = 232573,069 \text{ Kg} > 67209,327 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

#### Kuat leleh

$$P_n = \phi \cdot A_g \cdot f_y = 0,9 \cdot 64,57 \cdot 3550 = 206301,15 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 206301,15 \text{ Kg} > 67209,32 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

### 5.4.2.8. Batang 80



**Gambar 5.31** Posisi Batang 80 pada Rangka Busur Utama Jembatan

Gaya aksial batang : 121746,6 Kg (Tarik)

Desain batang menggunakan profil *square/box* dengan mutu GR 50A, sesuai spesifikasi dari brosur PT. Gunung Raja Paksi *Steel* (Tabel 5.20-5.21)

b	= 180 mm	h	= 180 mm	t	= 8 mm
A	= 52,84 cm <sup>2</sup>	W	= 41,92 kg/m	f <sub>y</sub>	= 3550 kg/cm <sup>2</sup>
I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub>	= 2545 cm <sup>4</sup>	Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub>	= 282,87 cm <sup>3</sup>	I <sub>x</sub> =i <sub>y</sub>	= 6,94 cm

### Kontrol Tarik

#### Kuat Putus

$$A_e = 0,85 \cdot A_g = 0,85 \cdot 52,84 = 44,914 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \cdot f_u = 44,914 \cdot 5650 = 253764,1 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 253764,1 \cdot 0,75 = 190323,075 \text{ Kg}$$

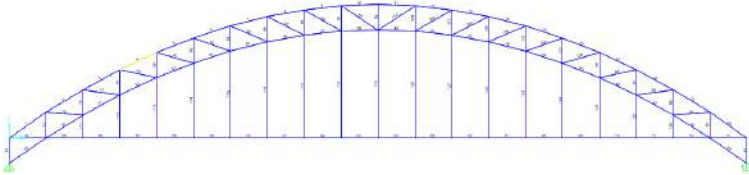
$$\phi P_n = 190323,075 \text{ Kg} > 121746,6 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

#### Kuat leleh

$$P_n = \phi \cdot A_g \cdot f_y = 0,9 \cdot 52,84 \cdot 3550 = 168823,8 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 168823,8 \text{ Kg} > 121746,6 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

#### 5.4.2.9. Batang 4



**Gambar 5.32** Posisi Batang 4 pada Rangka Busur Utama Jembatan

Gaya aksial batang : -1265402,847 Kg (Tekan)

Desain batang menggunakan profil *square/box* dengan mutu GR 50A, sesuai spesifikasi dari brosur PT. Gunung Raja Paksi *Steel* (Tabel 5.20-5.21)

b	= 500 mm	h	= 500 mm	t	= 25 mm
A	= 446 cm <sup>2</sup>	W	= 360,2 kg/m	f <sub>y</sub>	= 3450 kg/cm <sup>2</sup>
I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub>	= 160900 cm <sup>4</sup>	Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub>	= 6440 cm <sup>3</sup>	I <sub>x</sub> =i <sub>y</sub>	= 19 cm

#### Kontrol Kelangsingan Penampang

$$\frac{b}{t} = \frac{500}{25} = 20$$

$$20 < 33,65$$

**OK**

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{345}} = 33,65$$

#### Kontrol Kapasitas Tekan :

- faktor panjang tekuk (K<sub>cx</sub>) = 1
- faktor panjang tekuk (K<sub>c<sub>y</sub></sub>) = 1
- Panjang batang (L<sub>x</sub>) = 5,52 m = 552 cm
- Panjang batang (L<sub>y</sub>) = 5,52 m = 552 cm

$$\lambda_x = \frac{Kcx \cdot Lx}{ix} = \frac{1 \cdot 552}{19} = 29,05$$

$$\lambda_y = \frac{Kcy \cdot Ly}{iy} = \frac{1 \cdot 552}{19} = 29,05$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{29,05}{\pi} \sqrt{\frac{345}{200000}} = 0,38 ; \text{karena } 0,25 < \lambda_c < 1,2 \text{ maka:}$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,38} = 1,00$$

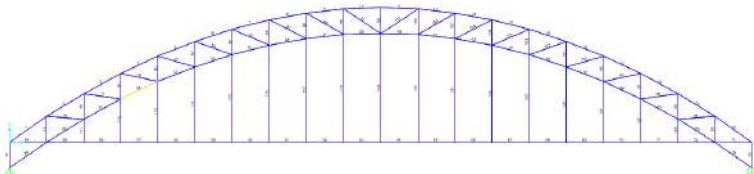
Sehingga kuat nominal penampang :

$$Pn = Ag \frac{fy}{\omega} = 446 \frac{3450}{1,00} = 1527379,13 \text{ Kg}$$

$$\phi Pn = 0,85 \cdot 1527379,13 = 1298272,26 \text{ Kg}$$

$$\phi Pn = 1298272,26 \text{ Kg} > Pu = 1265402,847 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

#### 5.4.2.10. Batang 32



**Gambar 5.33** Posisi Batang 32 pada Rangka Busur Utama Jembatan

Gaya aksial batang : 278707,116 Kg (Tarik)  
-459048,114 Kg (Tekan)

Desain batang menggunakan profil *square/box* dengan mutu GR 50A, sesuai spesifikasi dari brosur PT. Gunung Raja Paksi Steel (**Tabel 5.20-5.21**)

$$\begin{array}{llll}
 b & = 400 \text{ mm} & h & = 400 \text{ mm} & t & = 16 \text{ mm} \\
 A & = 234,8 \text{ cm}^2 & W & = 187,74 \text{ kg/m} & f_y & = 3450 \text{ kg/cm}^2 \\
 I_x=I_y & = 56200 \text{ cm}^4 & Z_x=Z_y & = 2810 \text{ cm}^3 & I_x=i_y & = 15,5 \text{ cm}
 \end{array}$$

### Kontrol Penampang:

$$\frac{b}{t} = \frac{400}{16} = 25$$

$$25 < 33,65 \quad \text{OK}$$

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{345}} = 33,65$$

### Kontrol Kapasitas Tekan :

- faktor panjang tekuk ( $K_{cx}$ ) = 1
- faktor panjang tekuk ( $K_{cy}$ ) = 1
- Panjang batang ( $L_x$ ) = 5,52 m = 552 cm
- Panjang batang ( $L_y$ ) = 5,52 m = 552 cm

$$\lambda_x = \frac{K_{cx} \cdot L_x}{i_x} = \frac{1 \cdot 552}{15,5} = 48,42$$

$$\lambda_y = \frac{K_{cy} \cdot L_y}{i_y} = \frac{1 \cdot 552}{15,5} = 48,42$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{48,42}{\pi} \sqrt{\frac{345}{200000}} = 0,64$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,64} = 1,10$$

Sehingga kuat nominal penampang :

$$P_n = A_g \frac{f_y}{\omega} = 234,8 \frac{3450}{1,10} = 735926,182 \text{ kg}$$



$$\phi P_n = 0,85 \cdot 735926,182 = 625537,26 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 625537,26 \text{ kg} > P_u = 459048,114 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

### Kontrol Tarik

#### Kuat Putus

$$A_e = 0,85 \cdot A_g = 0,85 \cdot 234,8 = 199,58 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \cdot f_u = 199,58 \cdot 5650 = 1127627 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 1127627 \cdot 0,75 = 845720,25 \text{ Kg}$$

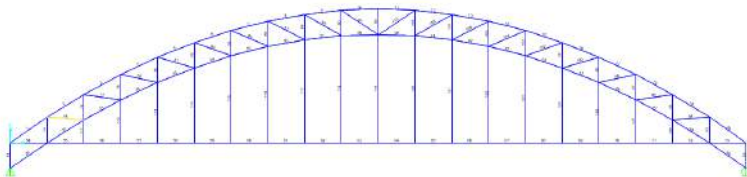
$$\phi P_n = 845720,25 \text{ Kg} > 278707,116 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

#### Kuat leleh

$$P_n = \phi \cdot A_g \cdot f_y = 0,9 \cdot 234,8 \cdot 3550 = 750186 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 750186 \text{ Kg} > 278707,116 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

### 5.4.2.11. Batang 75



**Gambar 5.34** Posisi Batang 75 pada Rangka Busur Utama Jembatan

Gaya aksial batang	:108006,43 Kg (Tarik)
	-142453,462 Kg (Tekan)

Desain batang menggunakan profil *square/box* dengan mutu GR 50A, sesuai spesifikasi dari brosur PT. Gunung Raja Paksi Steel (**Tabel 5.20-5.21**)

b	= 180 mm	h	= 180 mm	t	= 10 mm
A	= 64,57 cm <sup>2</sup>	W	= 51,36 kg/m	f <sub>y</sub>	= 3550 kg/cm <sup>2</sup>
I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub>	= 3016 cm <sup>4</sup>	Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub>	= 335,2 cm <sup>3</sup>	I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub>	= 6,84 cm

### Kontrol Kelangsingan Penampang

$$\frac{b}{t} = \frac{180}{10} = 18$$

$$18 < 33,172 \quad \text{OK}$$

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{355}} = 33,172$$

### Kontrol Kapasitas Tekan :

- faktor panjang tekuk (K<sub>cx</sub>) = 1
- faktor panjang tekuk (K<sub>cy</sub>) = 1
- Panjang batang (L<sub>x</sub>) = 5,013 m = 501,3 cm
- Panjang batang (L<sub>y</sub>) = 5,013 m = 501,3 cm

$$\lambda_x = \frac{K_{cx} \cdot L_x}{i_x} = \frac{1 \cdot 501,3}{6,84} = 73,29$$

$$\lambda_y = \frac{K_{cy} \cdot L_y}{i_y} = \frac{1 \cdot 501,3}{6,84} = 73,29$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 73,29 \sqrt{\frac{355}{200000}} = 0,98 ; \text{karena } 0,25 < \lambda_c < 1,2 \text{ maka:}$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,982} = 1,256$$

Sehingga kuat nominal penampang :

$$P_n = A_g \frac{f_y}{\omega} = 64,57 \frac{3550}{1,256} = 169137,464 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 169137,464 = 155062,181 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 155062,181 \text{ Kg} > P_u = 142453,4 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

### Kontrol Tarik

#### Kuat Putus

$$A_e = 0,85 \cdot A_g = 0,85 \cdot 64,57 = 54,885 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \cdot f_u \cdot 54,885 \cdot 5650 = 310097,4 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 310097,4 \cdot 0,75 = 232573,069 \text{ Kg}$$

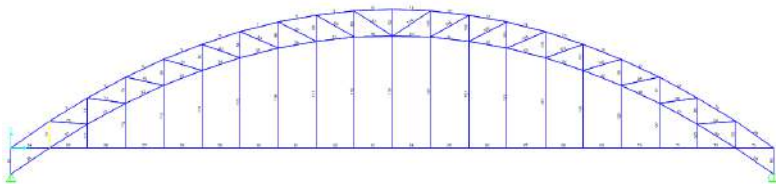
$$\phi P_n = 232573,069 \text{ Kg} > 108006,43 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

#### Kuat leleh

$$P_n = \phi \cdot A_g \cdot f_y = 0,9 \cdot 64,57 \cdot 3550 = 206301,15 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 206301,15 \text{ Kg} > 108006,4 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

### 5.4.2.12. Batang 74



**Gambar 5.35** Posisi Batang 74 pada Rangka Busur Utama Jembatan

Gaya aksial batang	165896 Kg (Tarik)
	-142453,462 Kg (Tekan)

Desain batang menggunakan profil *square/box* dengan mutu GR 50A, sesuai spesifikasi dari brosur PT. Gunung Raja Paksi Steel (**Tabel 5.20-5.21**)

b	= 180 mm	h	= 180 mm	t	= 8 mm
A	= 52,84 cm <sup>2</sup>	W	= 41,92 kg/m	f <sub>y</sub>	= 3550 kg/cm <sup>2</sup>
I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub>	= 2545 cm <sup>4</sup>	Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub>	=282,87 cm <sup>3</sup>	I <sub>x</sub> =i <sub>y</sub>	= 6,94 cm

### Kontrol Kelangsingan Penampang

$$\frac{b}{t} = \frac{180}{8} = 22$$

$$22 < 33,172$$

**OK**

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{355}} = 33,172$$

### Kontrol Kapasitas Tekan :

- faktor panjang tekuk (K<sub>cx</sub>) = 1
- faktor panjang tekuk (K<sub>cy</sub>) = 1
- Panjang batang (L<sub>x</sub>) = 3,42 m = 342 cm
- Panjang batang (L<sub>y</sub>) = 3,42 m = 342 cm

$$\lambda_x = \frac{K_{cx} \cdot L_x}{i_x} = \frac{1 \cdot 342}{7,65} = 49,28$$

$$\lambda_y = \frac{K_{cy} \cdot L_y}{i_y} = \frac{1 \cdot 342}{7,65} = 49,28$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{49,28}{\pi} \sqrt{\frac{355}{200000}} = 0,6 ; \text{karena } 0,25 < \lambda_c < 1,2 \text{ maka:}$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,6} = 1,109$$

Sehingga kuat nominal penampang :

$$P_n = A_g \frac{f_y}{\omega} = 52,84 \frac{3550}{1,109} = 216810,83 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 216810,83 = 143766,845 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 143766,845 \text{ kg} > P_u = 142453,4 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

### Kontrol Tarik

#### Kuat Putus

$$A_e = 0,85 \cdot A_g = 0,85 \cdot 234,8 = 199,58 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \cdot f_u = 199,58 \cdot 5650 = 1127627 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 1127627 \cdot 0,75 = 845720,25 \text{ Kg}$$

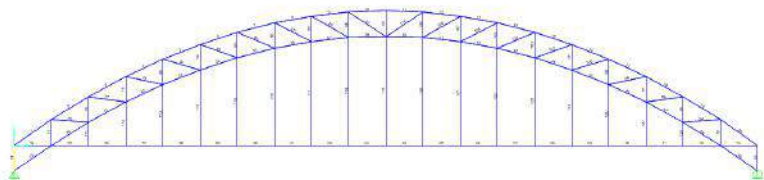
$$\phi P_n = 845720,25 \text{ Kg} > 165896 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

#### Kuat leleh

$$P_n = \phi \cdot A_g \cdot f_y = 0,9 \cdot 234,8 \cdot 3550 = 729054 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 729054 \text{ Kg} > 20350,859 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

### 5.4.2.13. Batang 51



**Gambar 5.36** Posisi Batang 51 pada Rangka Busur Utama Jembatan

Gaya aksial batang      -806090,38 Kg (Tekan)

Desain batang menggunakan profil *square/box* dengan mutu GR 50A, sesuai spesifikasi dari brosur PT. Gunung Raja Paksi Steel (**Tabel 5.20-5.21**)

b	= 500 mm	h	= 500 mm	t	= 19 mm
A	= 347,8 cm <sup>2</sup>	W	= 279,68 kg/m	f <sub>y</sub>	= 3450 kg/cm <sup>2</sup>
I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub>	= 130000 cm <sup>4</sup>	Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub>	= 5200 cm <sup>3</sup>	I <sub>x</sub> =i <sub>y</sub>	= 19,3 cm

### Kontrol Kelangsingan Penampang

$$\frac{b}{t} = \frac{500}{19} = 22,73$$

$$22,73 < 33,65 \quad \text{OK}$$

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{345}} = 33,65$$

### Kontrol Kapasitas Tekan :

- faktor panjang tekuk (K<sub>cx</sub>) = 1
- faktor panjang tekuk (K<sub>cy</sub>) = 1
- Panjang batang (L<sub>x</sub>) = 3,42 m = 342 cm
- Panjang batang (L<sub>y</sub>) = 3,42 m = 342cm

$$\lambda_{cx} = \frac{K_{cx} \cdot L_x}{i_x} = \frac{1 \cdot 342}{19,3} = 17,72$$

$$\lambda_{cy} = \frac{K_{cy} \cdot L_y}{i_y} = \frac{1 \cdot 342}{19,3} = 17,72$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{17,72}{\pi} \sqrt{\frac{345}{200000}} = 0,234; \text{ karena } \lambda_c < 2,5 \text{ maka:}$$

$$\omega = 1$$

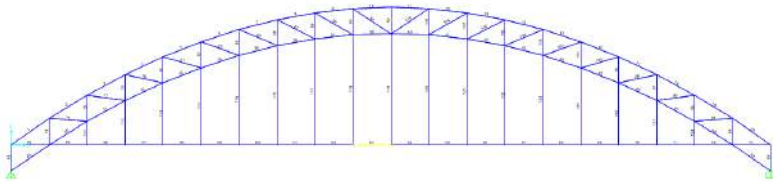
Sehingga kuat nominal penampang :

$$P_n = A_g \frac{f_y}{\omega} = 347,8 \frac{3450}{1} = 1199910 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 1199910 = 1019923,5 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 1019923,5 \text{ Kg} > P_u = 806090,38 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

#### 5.4.2.14. Batang 63



**Gambar 5.37** Posisi Batang 63 pada Rangka Busur Utama Jembatan

Gaya aksial batang      224656,88 Kg (Tarik)

Desain batang menggunakan profil *square/box* dengan mutu GR 50A, sesuai spesifikasi dari brosur PT. Gunung Raja Paksi *Steel* (Tabel 5.20-5.21)

b	= 500 mm	h	= 500 mm	t	= 22 mm
A	= 388,2 cm <sup>2</sup>	W	= 279,68 kg/m	f <sub>y</sub>	= 3450 kg/cm <sup>2</sup>
I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub>	= 2535,86 cm <sup>4</sup>	Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub>	= 5590 cm <sup>3</sup>	I <sub>x</sub> =i <sub>y</sub>	= 19 cm

#### Kontrol Tarik

##### Kuat Putus

$$A_e = 0,85 \cdot A_g = 0,85 \cdot 388,2 = 329,97 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \cdot f_u = 329,97 \cdot 5650 = 1864331 \text{ Kg}$$

$$\emptyset Pn = 1864331 \cdot 0,75 = 1398247,88 \text{ Kg}$$

$$\emptyset Pn = 1398247,8 \text{ Kg} > 224656,88 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

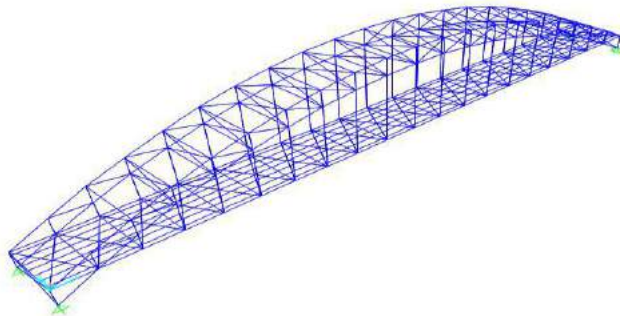
### Kuat leleh

$$Pn = \emptyset \cdot Ag \cdot fy = 0,9 \cdot 388 \cdot 3450 = 1205361 \text{ Kg}$$

$$\emptyset Pn = 1205361 \text{ Kg} > 224656,88 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

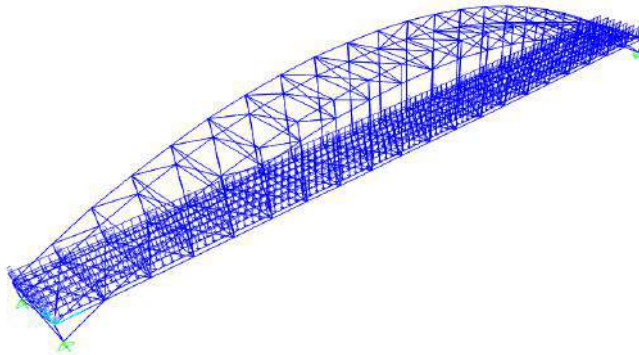
## 5.5. Pemodelan Struktur Jembatan Busur 3 Dimensi (3-D)

Setelah mendapatkan dimensi profil struktur utama jembatan busur, selanjutnya memodelkan jembatan dalam bentuk 3D yang bertujuan untuk melihat perilaku struktur dan mendapatkan profil-profil sekunder seperti, ikatan angin kendaraan dan ikatan angin rangka.

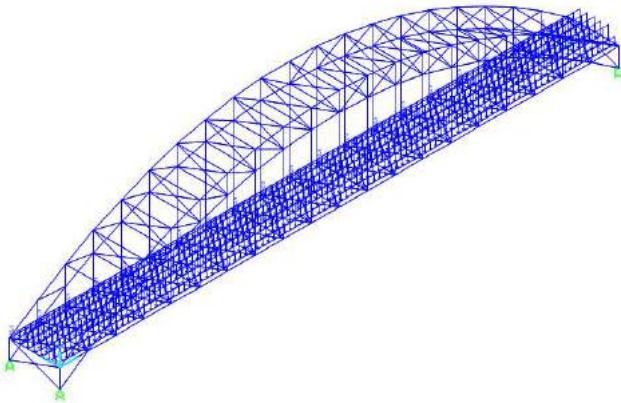


**Gambar 5.38** Pemodelan 3 Dimensi Jembatan Busur Pemali

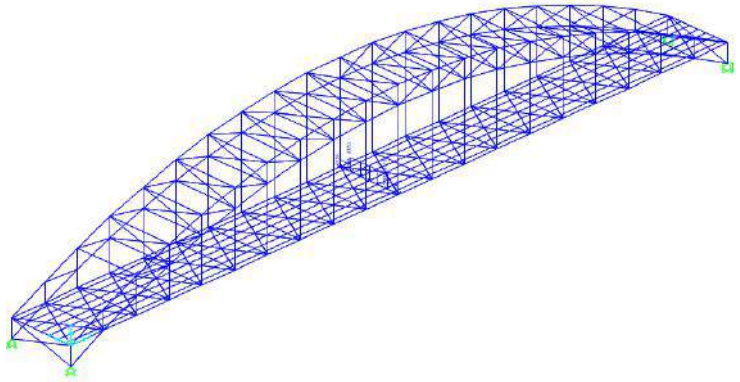




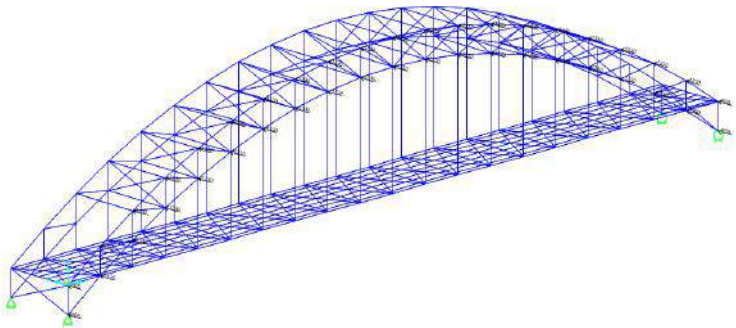
**Gambar 5.39** Pemodelan Beban Mati pada Jembatan Busur Pemali



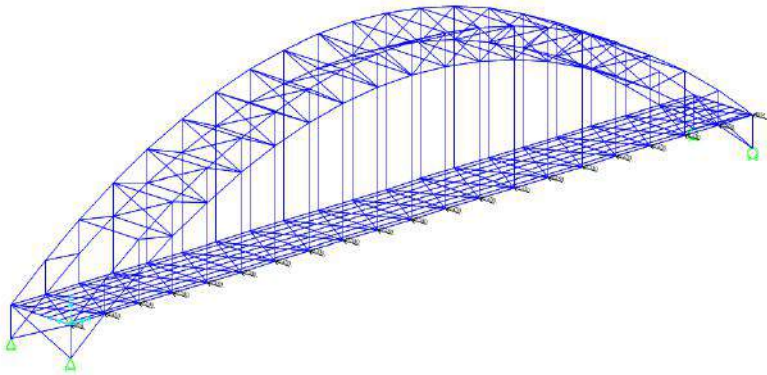
**Gambar 5.40** Pemodelan Beban UDL pada Jembatan Busur Pemali



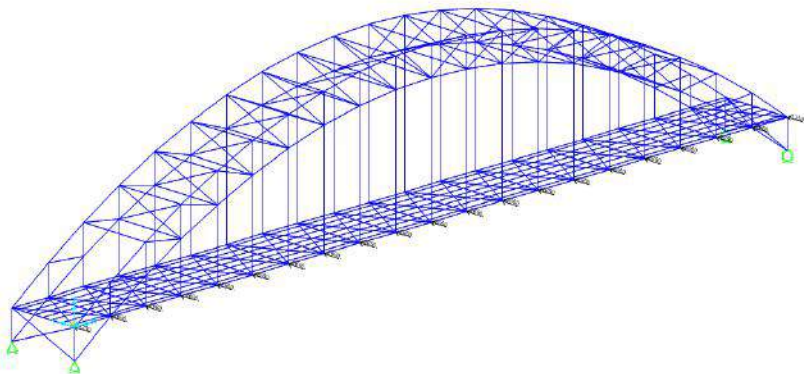
**Gambar 5.41** Pemodelan Beban KEL pada Jembatan Busur Pemali



**Gambar 5.42** Pemodelan Beban Angin Rangka pada Jembatan Busur Pemali



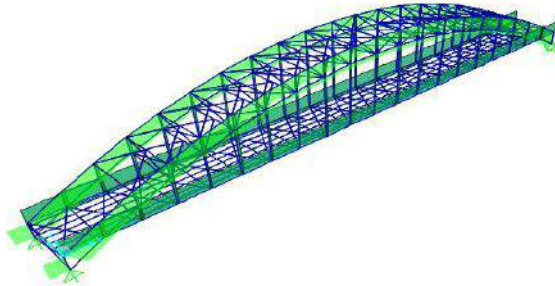
**Gambar 5.43** Pemodelan Beban Angin Lantai Kendaraan pada Jembatan Busur Pemali



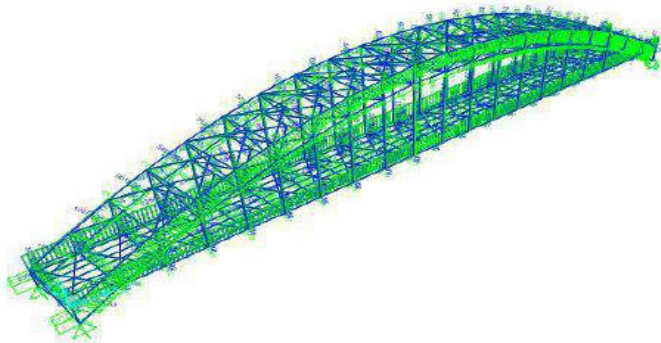
**Gambar 5.44** Pemodelan Beban Angin oleh Kendaraan pada Jembatan Busur Pemali

### 5.5.1. *Output Analisa Gaya Dalam Jembatan Busur*

setelah memasukkan pembebanan ke struktur, kemudian struktur tersebut di Run dengan kombinasi pembebanan sesuai peraturan SNI T-1725-2016 agar mendapatkan gaya dalam dari setiap elemen jembatan.



**Gambar 5.45** Output Gaya Aksial Akibat Pembebanan KUAT I



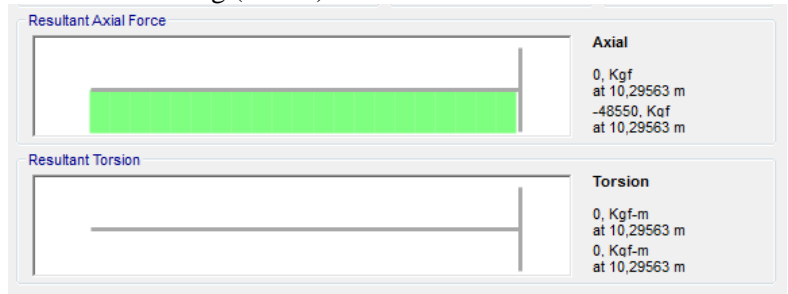
**Gambar 5.46** Output Gaya Aksial Akibat Pembebanan LAYAN

### 5.5.2. Perencanaan Struktur Sekunder Jembatan Busur

Setelah mendapatkan output gaya dari jembatan busur dengan SAP2000, selanjutnya merencanakan struktur sekunder jembatan busur yang antara lain ikatan angin lantai kendaraan, ikatan angin silang, ikatan angin rangka, dan portal akhir jembatan.

#### 5.5.2.1. Perencanaan Ikatan Angin Lantai Kendaraan

Dengan menggunakan program bantu SAP2000, maka didapatkan gaya aksial pada ikatan angin lantai kendaraan sebesar 48550 Kg (Tekan)



**Gambar 5.47** Gaya Aksial pada Ikatan Angin Lantai Kendaraan

Batang didesain menggunakan profil BOX 220x220x8, dengan spesifikasi :

b	: 220 mm	h	: 220 mm	t	: 8 mm
A	: 65,6 cm <sup>2</sup>	W	: 51,9 Kg/m	I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub>	: 5782,46 cm <sup>4</sup>
Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub>	: 525,68 cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> =i <sub>y</sub>	8,47 cm	F <sub>u</sub>	: 565 Mpa
f <sub>y</sub>	: 355 Mpa				

## Kontrol Tekan

### Kontrol Kelagsingan Penampang

$$\frac{b}{t} = \frac{220}{8} = 27,5$$

$$27,5 < 33,172$$

**OK**

$$\frac{625}{\sqrt{fy}} = \frac{625}{\sqrt{355}} = 33,172$$

Kontrol Kapasitas Tekan :

- Faktor panjang tekuk ( $Kcx$ ) = 1
- Faktor panjang tekuk ( $Kcy$ ) = 1
- Panjang batang ( $Lx$ ) = 10,12 m
- Panjang batang ( $Ly$ ) = 10,12 m

$$\lambda_x = \frac{Kcx \cdot Lx}{ix} = \frac{1 \cdot 1012}{8,47} = 119,48$$

$$\lambda_y = \frac{Kcy \cdot Ly}{iy} = \frac{1 \cdot 1012}{8,47} = 119,48$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{119,48}{\pi} \sqrt{\frac{250}{200000}} = 1,60; \text{ karena } \lambda_c > 1,2 \text{ maka:}$$

$$\omega = 1,25 \cdot \lambda_c^2 = 1,25 \cdot 1,6^2 = 3,21$$

Sehingga kuat nominal penampang :

$$Pn = Ag \frac{fy}{\omega} = 65,6 \frac{3550}{3,21} = 72609,61 \text{ Kg}$$

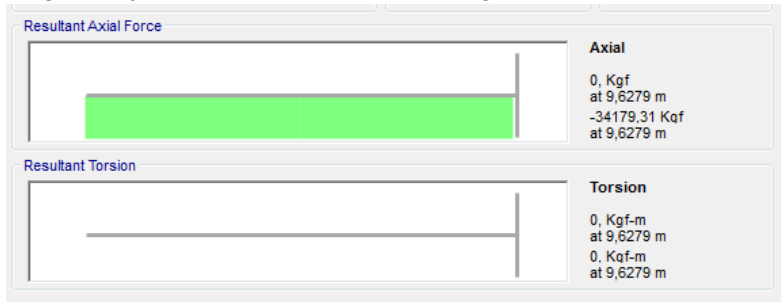
$$\phi Pn = 0,85 \cdot 72609,61 = 61718,17 \text{ Kg}$$

$$\phi Pn = 61718,17 \text{ Kg} > Pu = 48550 \text{ Kg}$$

**OK**

### 5.5.2.2. Perencanaan Ikatan Angin Silang Akhir Batang

Pada SAP2000 didapatkan output gaya batang ikatan silang akhir jembatan sebesar 34179,31 Kg (Tekan)



**Gambar 5.48** Gaya Aksial pada Ikatan Angin Akhir Jembatan

Batang didesain menggunakan profil siku BOX 180x180x8 , dengan spesifikasi sebagai berikut:

b	: 180 mm	h	: 180 mm	t	: 8 mm
A	: 52,84 cm <sup>2</sup>	W	: 41,92 Kg/m	I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub>	: 2545,86 cm <sup>4</sup>
Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub>	: 282,87 cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> =i <sub>y</sub>	: 6,94 cm	F <sub>u</sub>	: 565 Mpa
f <sub>y</sub>	: 355 Mpa				

#### Kontrol Tekan

#### Kontrol Kelangsingan Penampang

$$\frac{b}{t} = \frac{180}{8} = 22,5$$

$$22,5 < 33,17$$

**OK**

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{355}} = 33,17$$

Kontrol Kapasitas Tekan :

- Faktor panjang tekuk ( $Kcx$ ) = 1
- Faktor panjang tekuk ( $Kcy$ ) = 1
- Panjang batang ( $Lx$ ) = 9,67 m
- Panjang batang ( $Ly$ ) = 9,67 m

$$\lambda_x = \frac{Kcx \cdot Lx}{ix} = \frac{1 \cdot 967}{6,94} = 139,38$$

$$\lambda_y = \frac{Kcy \cdot Ly}{iy} = \frac{1 \cdot 967}{6,94} = 139,38$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{139,38}{\pi} \sqrt{\frac{250}{200000}} = 1,86 ; \text{karena } \lambda_c > 1,2 \text{ maka:}$$

$$\omega = 1,25 \lambda_c^2 = 1,25 \cdot 1,86^2 = 4,37$$

Sehingga kuat nominal penampang :

$$Pn = Ag \frac{fy}{\omega} = 52,84 \frac{3550}{4,37} = 42952,46 \text{ Kg}$$

$$\phi Pn = 0,85 \cdot 42952,46 = 36509 \text{ Kg}$$

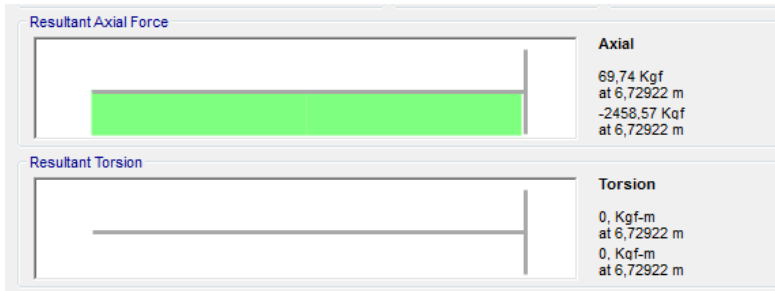
$$\phi Pn = 36509 \text{ Kg} > Pu = 34179,31 \text{ Kg}$$

**OK**



### 5.5.2.3. Perencanaan Ikatan Angin Rangka Jembatan

Pada SAP2000 didapatkan gaya aksial pada ikatan angin rangka jembatan sebesar 2458,57 Kg (tekan) dan 69,74 Kg (Tarik)



**Gambar 5.49** Gaya Aksial pada Ikatan Angin Rangka Jembatan

Batang didesain menggunakan profil L 120x120x13, dengan spesifikasi sebagai berikut :

b	: 120 mm	h	: 120 mm	t	: 13 mm
A	: 29,7 cm <sup>2</sup>	W	: 23,3Kg/m	I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub>	: 394 cm <sup>4</sup>
Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub>	: 46 cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> =i <sub>y</sub>	: 3,64 cm	F <sub>u</sub>	: 410 Mpa
f <sub>y</sub>	: 250 Mpa				

#### Kontrol Tekan

#### Kontrol Kelagsingan Penampang

$$\frac{b}{t} = \frac{120}{13} = 9,23$$

$$9,23 < 12,65$$

**OK**

$$\frac{200}{\sqrt{f_y}} = \frac{200}{\sqrt{250}} = 12,65$$

Kontrol Kapasitas Tekan :

- Faktor panjang tekuk ( $Kcx$ ) = 1
- Faktor panjang tekuk ( $Kcy$ ) = 1
- Panjang batang ( $Lx$ ) = 6,73 m
- Panjang batang ( $Ly$ ) = 6,73 m

$$\lambda_x = \frac{Kcx \cdot Lx}{ix} = \frac{1 \cdot 673}{3,64} = 184,87$$

$$\lambda_y = \frac{Kcy \cdot Ly}{iy} = \frac{1 \cdot 673}{3,64} = 184,87$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{184,87}{\pi} \sqrt{\frac{250}{200000}} = 2,08 ; \text{karena } \lambda_c > 1,2 \text{ maka:}$$

$$\omega = 1,25 \lambda_c^2 = 1,25 \cdot 2,08^2 = 5,41$$

Sehingga kuat nominal penampang :

$$Pn = Ag \frac{fy}{\omega} = 29,7 \frac{2500}{5,41} = 13723,1 \text{ Kg}$$

$$\phi Pn = 0,85 \cdot 13723,1 = 11664,63 \text{ Kg}$$

$$\phi Pn = 91197,9 \text{ Kg} > Pu = 2458,57 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

### Kontrol Tarik

#### Kuat Putus

$$Ae = 0,85 \cdot Ag = 0,85 \cdot 29,7 = 25,25 \text{ cm}^2$$

$$Pn = Ae \cdot fu = 25,25 \cdot 4100 = 10350,45 \text{ Kg}$$

$$\phi Pn = 10350,45 \cdot 0,75 = 7762,87 \text{ Kg}$$

$$\phi Pn = 7762,87 \text{ Kg} > 69,74 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

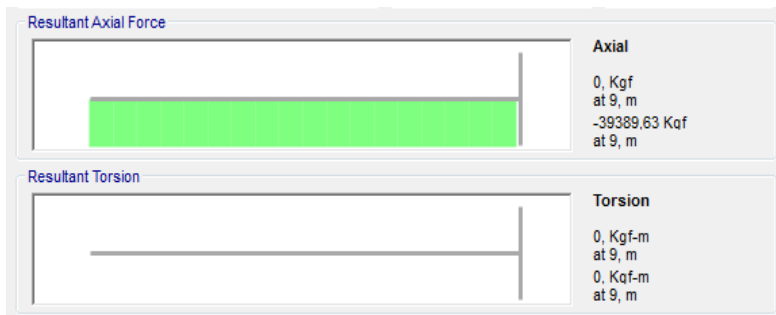
### Kuat leleh

$$P_n = \phi \cdot A_g \cdot f_y = 0,9 \cdot 25,25 \cdot 2500 = 6682,5 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 6682,5 \text{ Kg} > 69,74 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

#### 5.5.2.4. Perencanaan Ikatan Angin Horizontal Jembatan

Pada SAP2000 didapatkan gaya aksial pada ikatan angin rangka jembatan sebesar 39389,63 Kg (tekan)



**Gambar 5.50** Gaya Aksial Pada Ikatan Angin Horizontal Jembatan

Batang didesain menggunakan profil BOX 180x180x8, dengan spesifikasi sebagai berikut :

b	: 180 mm	h	: 180 mm	t	: 8 mm
A	: 52,84 cm <sup>2</sup>	W	: 41,92Kg/m	I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub>	: 2545,86 cm <sup>4</sup>
Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub>	: 282,8 cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> =i <sub>y</sub>	: 6,94 cm	F <sub>u</sub>	: 565 Mpa
f <sub>y</sub>	: 355 Mpa				

**Kontrol Tekan****Kontrol Kelagsingan Penampang**

$$\frac{b}{t} = \frac{180}{8} = 22,5$$

$$22,5 < 33,172 \quad \text{OK}$$

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{355}} = 33,172$$

Kontrol Kapasitas Tekan :

- Faktor panjang tekuk ( $Kc_x$ ) = 1
- Faktor panjang tekuk ( $Kc_y$ ) = 1
- Panjang batang ( $L_x$ ) = 9 m
- Panjang batang ( $L_y$ ) = 9 m

$$\lambda_x = \frac{Kc_x \cdot L_x}{ix} = \frac{1 \cdot 900}{6,94} = 129,68$$

$$\lambda_y = \frac{Kc_y \cdot L_y}{iy} = \frac{1 \cdot 900}{6,94} = 129,68$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{129,68}{\pi} \sqrt{\frac{250}{200000}} = 1,739; \text{ karena } \lambda_c > 1,2 \text{ maka:}$$

$$\omega = 1,25 \cdot \lambda_c^2 = 1,25 \cdot 1,739^2 = 3,78$$

Sehingga kuat nominal penampang :

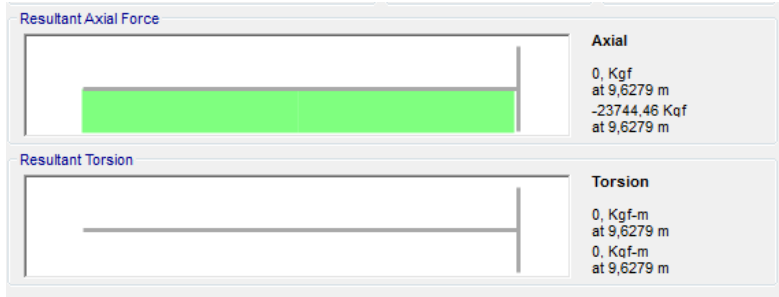
$$P_n = A_g \frac{f_y}{\omega} = 52,84 \frac{3550}{3,78} = 49615,4 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 49615,4 = 42173,09 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 33902,15 \text{ Kg} > P_u = 39389,63 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

#### 5.5.2.5. Perencanaan Ikatan Angin Silang Rangka Jembatan

Pada SAP2000 didapatkan gaya aksial pada ikatan angin rangka jembatan sebesar 23744,46 Kg (Tekan)



**Gambar 5.51** Gaya Aksial pada Ikatan Angin Silang Jembatan

Batang didesain menggunakan profil BOX 180x180x6,3 , dengan spesifikasi sebagai berikut :

b	: 180 mm	h	: 180 mm	t	: 6,3 mm
A	: 42,41cm <sup>2</sup>	W	: 33,56 Kg/m	I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub>	: 2545,86 cm <sup>4</sup>
Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub>	: 282,8 cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> =i <sub>y</sub>	: 6,94 cm	F <sub>u</sub>	: 565 Mpa
f <sub>y</sub>	: 355 Mpa				

#### Kontrol Tekan

#### Kontrol Kelangsingan Penampang

$$\frac{b}{t} = \frac{180}{6,3} = 28,57$$

$$28,57 < 33,17 \quad \text{OK}$$

$$\frac{625}{\sqrt{fy}} = \frac{625}{\sqrt{355}} = 33,171$$

Kontrol Kapasitas Tekan :

- Faktor panjang tekuk (Kcx) = 1
- Faktor panjang tekuk (Kcy) = 1
- Panjang batang (Lx) = 9,62 m
- Panjang batang (Ly) = 9,62 m

$$\lambda_x = \frac{Kcx \cdot Lx}{ix} = \frac{1 \cdot 962}{6,94} = 136,84$$

$$\lambda_y = \frac{Kcy \cdot Ly}{iy} = \frac{1 \cdot 962}{6,94} = 136,84$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{136,84}{\pi} \sqrt{\frac{355}{200000}} = 1,84 ; \text{karena } \lambda_c > 1,2 \text{ maka:}$$

$$\omega = 1,25 \cdot \lambda_c^2 = 1,25 \cdot 1,84^2 = 4,2$$

Sehingga kuat nominal penampang :

$$P_n = A_g \frac{fy}{\omega} = 42,41 \frac{355}{4,2} = 35764,2 \text{ Kg}$$

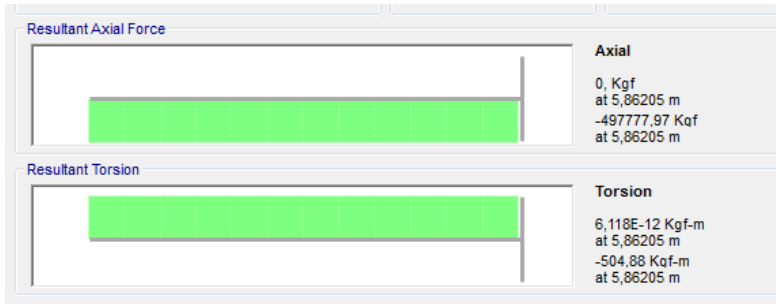
$$\phi P_n = 0,85 \cdot 35764,2 = 30399,57 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 39884,88 \text{ Kg} > P_u = 33902 \text{ Kg}$$

**OK**

### 5.5.2.6. Perencanaan Kolom Portal Akhir Jembatan

Pada SAP2000 didapatkan gaya aksial pada kolom portal akhir jembatan sebesar 497777,97 Kg (Tekan)



**Gambar 5.52** Gaya Aksial pada Kolom Portal Akhir Jembatan

Batang didesain menggunakan profil BOX 500x500x25, dengan spesifikasi sebagai berikut :

b	: 500 mm	h	: 500 mm	t	: 25 mm
A	: 446 cm <sup>2</sup>	W	: 360,24 Kg/m	ix=iy	: 19 cm
fy	: 345 Mpa	Ix=Iy	: 160900 cm <sup>2</sup>	Zx=Zy	: 6440 cm <sup>3</sup>

### Kontrol Kelangsingan Penampang

$$\frac{b}{t} = \frac{500}{25} = 20$$

$$20 > 26,92$$

**OK**

$$\frac{500}{\sqrt{f_y}} = \frac{500}{\sqrt{345}} = 26,92$$

### Kontrol Kelangsingan Struktur

$$\lambda_x = \frac{K_{cx} \cdot L_y}{i_x} = \frac{1 \cdot 586}{19} = 30,84$$

$$N_{crb_x} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot Ag}{\lambda_x^2} = \frac{\pi^2 \cdot 200000 \cdot 446}{951,11} = 925500,312$$

$$\lambda_y = \frac{K_{cy} \cdot L_x}{i_y} = \frac{1 \cdot 586}{19} = 30,84$$

$$N_{crb_y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot Ag}{\lambda_y^2} = \frac{\pi^2 \cdot 200000 \cdot 446}{951,11} = 925500,312$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{30,84}{\pi} \sqrt{\frac{345}{200000}} = 0,41$$

Karena lebih  $0,25 < \lambda_c < 1,2$  maka :

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,41} = 1,01$$

Sehingga kuat nominal penampang :

$$P_n = Ag \frac{f_y}{\omega} = 446 \frac{3450}{1,01} = 1515414,87 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 1515414,87 = 1288103 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 1288103 \text{ Kg} > P_u = 497777,97 \text{ Kg} \quad \mathbf{OK}$$

### Kontrol Balok

Terhadap Sumbu X

$C_m = 0.85$  (elemen menerima gaya transversal dan dianggap ujung-ujungnya kaku)

$$\delta b_x = \frac{cm}{1 - \frac{Nu}{N_{crb_x}}} > 1,00$$



$$\delta bx = \frac{0,85}{1 - \frac{497777,97}{1515414,87}} > 1,00$$

$$= 1,84 > 1,00$$

Maka dipakai nila  $\delta bx = 1,84$

Sehingga :  $Mux = \delta bx . Mutx$

$$= 1,84 . 1720,98$$

$$= 3165,26 \text{ Kgm}$$

### Kontrol Tekuk Lokal

$$\frac{b}{2t} = \frac{500}{2.25} = 10$$

$$10 > 26,91$$

**OK**

$$\frac{500}{\sqrt{fy}} = \frac{500}{\sqrt{345}} = 26,91$$

$$\frac{h}{t} = \frac{500}{25} = 50$$

$$50 < 90,445$$

**OK**

$$\frac{1680}{\sqrt{fy}} = \frac{1680}{\sqrt{345}} = 90,445$$

Sehingga :

$$Mux = Mpx = Zx . fy = 6440 . 3550 = 222180 \text{ Kgm}$$

Kontrol Interaksi Balok Kolom

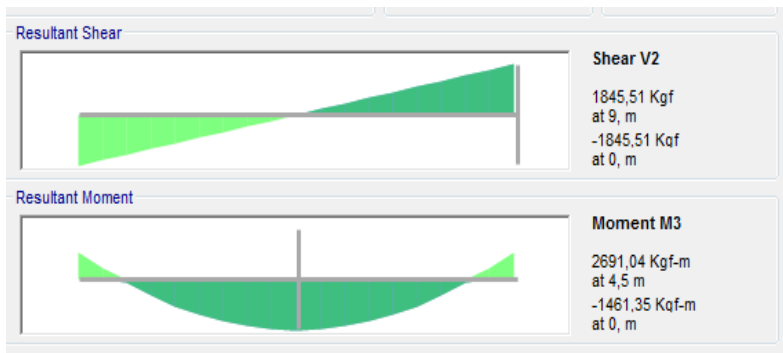
Menggunakan Rumus I

$$\frac{Pu}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \cdot \left[ \frac{M_{ux}}{0,9 \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{0,9 \cdot M_{ny}} \right] \leq 1,00$$

$$\frac{497777,97}{0,85 \cdot 222180} + \frac{8}{9} \cdot \left[ \frac{3165,26}{0,9 \cdot 222180} + \frac{3631,63}{0,9 \cdot 222180} \right] = 0,42 < 1,00 \quad \text{OK}$$

### 5.5.2.7. Perencanaan Balok Portal Akhir

Pada SAP2000 didapatkan momen pada balok portal akhir jembatan sebesar +2691,04 Kgm dan -1461,35 Kgm



**Gambar 5.53** Besar Momen pada Balok Portal Akhir

Batang didesain menggunakan profil box 500x500x25, dengan spesifikasi sebagai berikut :

b	: 500 mm	h	: 500 mm	t	: 25 mm
A	: 446 cm <sup>2</sup>	W	: 360,24 Kg/m	ix=iy	: 19 cm
fy	: 345 Mpa	Ix=Iy	: 160900 cm <sup>2</sup>	Zx=Zy	: 6440 cm <sup>3</sup>

**Kuat Rencana Momen Lentur**

$$\frac{b}{t} = \frac{500}{25} = 20$$

$$20 > 90,45$$

**OK**

$$\frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{345}} = 90,45$$

$$\frac{b}{2t} = \frac{500}{50} = 10$$

$$10 > 20,91$$

**OK**

$$\frac{500}{\sqrt{f_y}} = \frac{500}{\sqrt{345}} = 26,91$$

Penampang Kompak, maka  $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot f_y = 6440 \cdot 3450 = 222180 \text{ Kgm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot M_n = 0,9 \cdot 222180 = 199962 \text{ Kgm}$$

$$\phi M_n = 199962 \text{ Kgm} > 2691,04 \text{ Kgm}$$

**OK****Kontrol Lateral Buckling**

$$L_B = 900 \text{ cm}$$

$$L_P = 0,13 E r_y \frac{\sqrt{J_A}}{M_p} \quad (\text{SNI T03-2005 pasal 7.3-1})$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{160900}{446}} = 18,99 \text{ cm}$$

$$J = 4 \cdot \frac{1}{3} \cdot 50 \cdot 2,5^3 = 1041,67 \text{ cm}^4$$

Maka :

$$L_P = 0,13 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 18,99 \cdot \frac{\sqrt{1041,67 \cdot 446}}{22218000}$$

$$L_P = 151,5 \text{ cm}$$

$$L_R = 2Er_y \frac{\sqrt{JA}}{M_r} \quad (\text{SNI T03-2005 pasal 7.3-1})$$

$$M_r = S \cdot (F_u - F_R) ; F_R = 115 \text{ Mpa}$$

$$M_r = 5645,83 (3450 - 1150) = 129854,17 \text{ kgm}$$

Maka :

$$L_R = 2 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 18,99 \cdot \frac{\sqrt{1041,67 \cdot 446}}{5106000}$$

$$L_R = 10141,95 \text{ cm}$$

$$L_p \leq L \leq L_R \quad \text{“Bentang menengah”}$$

$$M_n = C_b \left[ M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L}{L_r - L_p} \right]$$

Output Momen pada jarak ¼ dan 1/8 bentang

$$M_A = 1640,12 \text{ Kgm}$$

$$M_B = 2691,04 \text{ Kgm}$$

$$M_C = 1240,12 \text{ Kgm}$$

$$C_b = \frac{12,5 \text{ Mmax}}{2,5M_{max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C}$$

$$C_b = \frac{12,5 \cdot 2691,04}{2,5 \cdot 2691,04 + 3 \cdot 1640,12 + 4 \cdot 2691,04 + 3 \cdot 1240,12}$$

$$C_b = 0,123$$

$$M_n = C_b \cdot \left[ M_R + (M_P - M_R) \frac{L_R - L_B}{L_R - L_B} \right]$$

$$M_n = 2512675,49 \text{ Kgcm} > 269104 \text{ Kgcm} \quad \text{OK}$$

### Kontrol Kuat Geser

$$V_n = 0,6 \cdot A_w \cdot f_y = 0,6 \cdot 237,5 \cdot 3450 = 491625 \text{ Kg}$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 491625 = 442462,5 \text{ Kg}$$

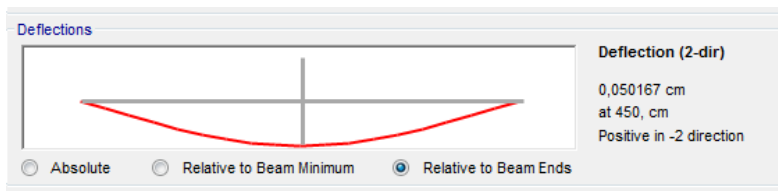
$$\phi V_n = 442462,5 \text{ Kg} > V_u = 1845,51 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

### Lendutan Ijin

Syarat  $\delta' \leq \delta$  dimana  $\delta$  adalah lendutan ijin, sedangkan  $\delta'$  adalah lendutan yang terjadi

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{\lambda}{800} \\ &= \frac{900}{800} = 1,125 \text{ cm} \end{aligned}$$

Pada SAP2000 didapatkan output lendutan batang sebesar  $0,0005 \text{ m} = 0,05 \text{ cm}$



**Gambar 5.54** Lendutan Balok Portal Akhir Jembatan

Cek syarat lendutan ijin

$$\delta' \leq \delta$$

$$0,05 \text{ cm} \leq 1,125 \text{ cm}$$

**OK**

### 5.5.3. Lendutan ijin Jembatan

Dalam merencanakan struktur jembatan, salah satu syarat yang harus dipenuhi adalah lendutan yang terjadi tidak melebihi batas ijin. Syarat  $\delta' \leq \delta$  dimana  $\delta$  adalah lendutan ijin, sedangkan  $\delta'$  adalah lendutan yang terjadi (berdasarkan beban hidup saja)

$$\delta = \frac{\lambda}{800}$$

Dimana  $\lambda$  adalah panjang bentang jembatan, maka:

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{10000}{800} \\ &= 12,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dalam perencanaan Jembatan Busur Pemali terjadi lendutan sebesar 1,22 cm untuk kombinasi Daya Layan I. Dari output tersebut lendutan Jembatan Busur Pemali masih memenuhi syarat yang ditentukan.

Cek syarat lendutan ijin :

$$\delta' \leq \delta$$

$$1,22 \text{ cm} \leq 12,5 \text{ cm}$$

**OK**

### 5.5.4. Rekap Desain Profil Jembatan Busur Baja Pemali

Setelah melakukan kontrol setiap batang, maka dapat diambil rekap desain profil Jembatan Busur Baja Pemali yang dapat dilihat pada **Tabel 5.22**.

**Tabel 5.22** Rekap Desain Profil Jembatan Busur Pemali

Rekap Profil Jembatan Busur Baja Pemali			
No	Nama Batang	profil	Ukuran
1	Gelagar Memanjang	WF	400x300x10x16
2	Gelagar Melintang	WF	900x300x28x16
3	Ikatan Angin Silang Akhir Lantai	box	180x180x8
4	Ikatan Angin Lantai Kendaraan	box	220x220x8
5	batang Vertikal Portal Akhir	box	500x500x19
6	Rangka Utama Vertikal	box	180x180x8
7	Rangka Utama Batang Tarik	box	500x500x22
8	Batang Horizontal Ikatan Angin	box	180x180x8
9	Ikatan Angin Silang Rangka Jembatan	box	180x180x6,3
10	Batang Horizontal Portal Akhir	box	500x500x25
11	Batang Penggantung (Threadbars)	Baja Ulir	threadbars Ø47
12	Rangka Utama Diagonal segmen 1	box	220x220x10
13	Rangka Utama Diagonal segmen 2,3	box	180x180x10
14	Rangka Utama Tepi Bawah	box	400x400x16
15	Rangka Utama Tepi Atas Segmen 3	box	400x400x25
16	Rangka Utama Tepi Atas Segmen 2	box	500x500x22
17	Rangka Utama Tepi Atas Segmen 1	box	500x500x25
18	Ikatan Angin Rangka Jembatan	Siku	120x120x13

### 5.6. Kontrol SAP2000 dengan Perhitungan Manual

Pengecekan hasil SAP2000 dengan membandingkan perhitungan manual bertujuan sebagai dasar apakah permodelan Jembatan Busur Baja Pemali sesuai dan telah benar dilakukan. Perhitungan manual yang dihitung yaitu berat keseluruhan

struktur dengan batasan  $\pm 5\%$ . Untuk perhitungan manual berat struktur jembatan bisa dilihat pada **Tabel 5.23**.

**Tabel 5.23** Perhitungan Manual Berat Struktur

Rekap Profil Jembatan Busur Baja Pemali							
No	Nama Batang	profil	ukuran	panjang (m)	jumlah	berat satuan (Kg/m)	berat total (Kg)
1	Gelagar Memanjang	WF	400x300x10x16	5	140	107	74900
2	Gelagar Melintang	WF	900x300x28x16	9	21	243	45927
3	Ikatan Angin Silang Akhir Lantai	box	180x180x8	9,6279	4	41,92	1614,406272
4	Ikatan Angin Lantai Kendaraan	box	220x220x8	10,2956	40	51,96	21398,37504
5	batang Vertikal Portal Akhir	box	500X500X25	3,42	8	360,24	9856,1664
6	Rangka Utama Vertikal	box	180X180X8	3,42	38	41,92	5447,9232
7	Rangka Utama Batang Tarik	box	500X500X22	5	40	320,42	64084
8	Batang Horizontal Ikatan Angin	box	180x180x8	9	30	41,92	11318,4
9	Ikatan Angin Silang Rangka Jembatan	box	180x180x6,3	9,6279	30	33,56	9693,36972
10	Batang Horizontal Portal Akhir	box	500X500X25	9	2	360,24	6484,32
11	Batang Penggantung (Threadbars)	Baja Ulir	threadbars Ø47	14,4	2	14,1	406,08
				13,86	2	14,1	390,852
				12,96	2	14,1	365,472
				11,7	2	14,1	329,94
				10,8	2	14,1	304,56
				8,1	2	14,1	228,42
				5,76	2	14,1	162,432
12	Rangka Utama Diagonal segmen 2,3	box	180X180X10	5,0129	4	51,36	1029,850176
				5,0516	4	51,36	1037,800704
				5,1153	4	51,36	1050,887232
				5,2032	4	51,36	1068,945408
				5,3141	4	51,36	1091,728704
				5,4466	4	51,36	1118,949504
				5,5991	4	51,36	1150,279104
13	Rangka Utama Diagonal segmen 1		220x200x10	5,7701	4	51,36	1185,409344
14	Rangka Utama Tepi Bawah	box	400x400x16	5,958	4	63,92	1523,34144
				5,0032	4	187,74	3757,203072
				5,0291	4	187,74	3776,652936
				5,0804	4	187,74	3815,177184
				5,1563	4	187,74	3872,175048
				5,2559	4	187,74	3946,970664
				5,3778	4	187,74	4038,512688
				5,5205	4	187,74	4145,67468
				5,6824	4	187,74	4267,255104
				5,862	4	187,74	4402,12752
15	Rangka Utama Tepi Atas Segmen 3	box	400X400X25	6,0578	4	187,74	4549,165488
				5,0032	4	281,74	5638,406272
				5,0291	4	281,74	5667,594536
16	Rangka Utama Tepi Atas Segmen 2	box	500X500X22	5,0804	4	281,74	5725,407584
				5,1563	4	320,42	6608,726584
				5,2559	4	320,42	6736,381912
17	Rangka Utama Tepi Atas Segmen 1	box	500X500X25	5,3778	4	320,42	6892,618704
				5,5205	4	360,24	7954,81968
				5,6824	4	360,24	8188,111104
18	Ikatan Angin Rangka Jembatan	siku	120X120X13	7,2482	8	23,3	1351,06448
				7,1222	8	23,3	1327,57808
				7,0122	8	23,3	1307,07408
				6,9191	8	23,3	1289,72024
				6,8438	8	23,3	1275,68432
				6,7868	8	23,3	1265,05952
				6,7485	8	23,3	1257,9204
Total							367903,1749

sedangkan untuk output perhitungan program bantu SAP200 dapat dilihat pada **Tabel 5.24**.



**Tabel 5.24** Perhitungan Berat Struktur dengan SAP2000

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
dead	LinStatic	102308,42	2,27E-13	381737,1

Dari hasil perhitungan diatas dapat diambil perbedaan antara perhitungan manual dengan SAP2000 berbeda  $\pm 3.62\%$ , sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa permodelan struktur pada SAP2000 sudah sesuai dan benar.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## BAB VI

### PERENCANAAN DAMPER JEMBATAN

#### 6.1. Gaya Gempa Jembatan

Dalam menentukan gaya gempa yang bekerja pada perletakan jembatan, digunakan pembebanan SNI T-02-2005 dengan cara perhitungan sebagai berikut :

$$T_{EQ} = K_h \cdot I \cdot W_T ; \text{dimana } K_h = C \cdot S$$

$T_{EQ}$  adalah gaya geser dasar total dalam arah yang ditinjau (Kg)

$K_h$  adalah koefisien gempa horizontal

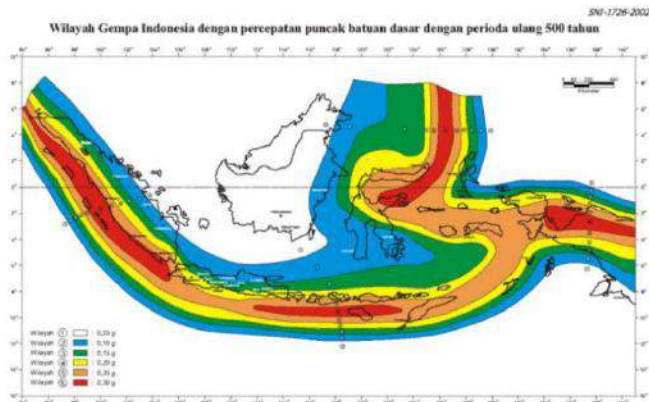
$C$  adalah koefisien geser dasar untuk daerah

$I$  adalah faktor kepentingan

$S$  adalah faktor tipe bangunan

$W_T$  adalah berat total akibat beban mati (Kg)

Daerah : Kota Brebes, Jawa Tengah

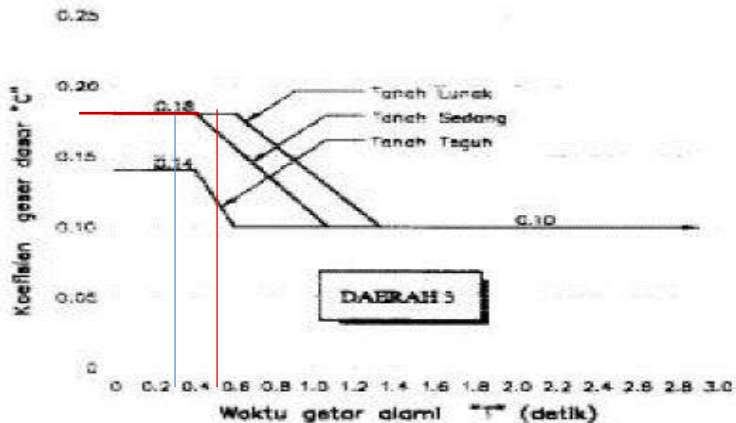


**Gambar 6.1** Penentuan Wilayah Gempa  
(Sumber : RSNI T-02-2005)

Maka didapatkan lokasi Kota Brebes merupakan gempa wilayah 3.

koefisien geser dasar untuk daerah “C”

dalam menentukan faktor geser “C” diperlukan periode struktur “T”. Periode struktur didapatkan menggunakan program SAP2000, untuk Jembatan Busur Baja Pemali ini besar periode yang didapat untuk arah X sebesar 0,54135 dan untuk arah Y sebesar 0,29698. Periode ini akan digunakan pada grafik penentuan koefisien geser dasar.



**Gambar 6.2** Grafik Penentuan Koefisien Geser Dasar “C”  
(Sumber : RSNI T-02-2005)

Maka didapatkan besar koefisien C dari grafik sebesar 0.18.

Penentuan faktor tipe bangunan “S”

Dalam menentukan faktor tipe bangunan digunakan tabel tipe bangunan sesuai peraturan yang dapat dilihat pada **Tabel 6.1**.

**Tabel 6.1** Penentuan Faktor Tipe Bangunan  
(Sumber : RSNI T-02-2005)

Tabel 33 Faktor tipe bangunan

Tipe Jembatan (1)	Jembatan dengan Daerah Sendi Beton Bertulang atau Baja	Jembatan dengan Daerah Sendi Beton Prategang	
		Prategang Parsial (2)	Prategang Penuh (2)
Tipe A (3)	1,0 F	1,15 F	1,3 F
Tipe B (3)	1,0 F	1,15 F	1,3 F
Tipe C	3,0	3,0	3,0
CATATAN (1)	Jembatan mungkin mempunyai tipe bangunan yang berbeda pada arah melintang dan memanjang, dan tipe bangunan yang sesuai harus digunakan untuk masing-masing arah.		
CATATAN (2)	Yang dimaksud dalam tabel ini, beton prategang parsial mempunyai prapengetangan yang cukup untuk kira-kira mengimbangi pengaruh dari beban tetap rencana dan selebihnya diimbangi oleh tulangan biasa. Beton prategang penuh mempunyai prapengetangan yang cukup untuk mengimbangi pengaruh beban total rencana.		
CATATAN (3)	$F$ = Faktor perangkaan $= 1,25 - 0,025 n$ ; $F \geq 1,00$ $n$ = jumlah sendi plastis yang menahan deformasi arah lateral pada masing-masing bagian monolit dari jembatan yang berdiri sendiri-sendiri (misalnya : bagian-bagian yang dipisahkan oleh sambungan siar muai yang memberikan keleluasan untuk bergerak dalam arah lateral secara sendiri-sendiri)		
CATATAN (4)	Tipe A : jembatan daktail (bangunan atas bersatu dengan bangunan bawah) Tipe B : jembatan daktail (bangunan atas terpisah dengan bangunan bawah) Tipe C : jembatan tidak daktail (tanpa sendi plastis)		

Dari tabel diatas maka dapat ditentukan untuk Jembatan Busur Baja Pemali ini masuk ke jembatan dengan tipe B dengan S sebesar 1.0 F.

$$F = 1,25 - 0,25n$$

Dimana :

n adalah jumlah sendi elastis yang menahan gaya lateral

$$n = 8$$

$$F = 1,25 - 0,25 \cdot 8 = 1,05$$

$$S = 1,0 F = 1,0 \cdot 1,05 = 1,05$$

Maka nilai koefisien tipe bangunan sebesar 1,05.

Menentukan faktor kepentingan “I”

Dalam menentukan faktor tipe kepentingan digunakan tabel tipe bangunan sesuai peraturan yang dapat dilihat pada **Tabel 6.2**.

**Tabel 6.2** Faktor Kepentingan

(Sumber : RSNI T-02-2005)

**Tabel 32** Faktor kepentingan

1. Jembatan memuat lebih dari 2000 kendaraan/hari, jembatan pada jalan raya utama atau arteri dan jembatan dimana tidak ada rute alternatif.	1,2
2. Seluruh jembatan permanen lainnya dimana rute alternatif tersedia, tidak termasuk jembatan yang direncanakan untuk pembebanan lalu lintas yang dikurangi.	1,0
3. Jembatan sementara (misal: <i>Bailey</i> ) dan jembatan yang direncanakan untuk pembebanan lalu lintas yang dikurangi sesuai dengan pasal 6.5.	0,8

Dari **Tabel 6.2** dapat ditentukan bahwa Jembatan Busur Baja Pemali memiliki faktor kepentingan sebesar 1.2.

Besar beban mati total jembatan  $W_T$

Beban mati total jembatan didapatkan dari program SAP2000, sehingga beban mati Jembatan Busur Baja Pemali adalah sebesar 1288973 Kg

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
Mati Total	Combination	1,754E-07	2,693E-09	2575285,65

**Gambar 6.3** Beban Mati Total Jembatan

Menentukan gaya pada perletakan jembatan

Terdapat 2 gaya gempa yang bekerja pada perletakan jembatan, yaitu gaya gempa arah X dan gempa arah Y.

$T_{EQ}$  arah memanjang (X)

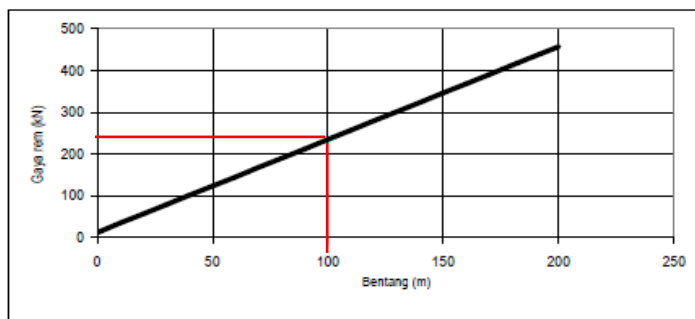
$$T_{EQ} = C S I W_T = 0,18 \cdot 1,05 \cdot 1,2 \cdot 2575285 = 292339,2 \text{ Kg}$$

$T_{EQ}$  arah memanjang (Y)

$$T_{EQ} = C S I W_T = 0,18 \cdot 1,05 \cdot 1,2 \cdot 1288973 = 292339,2 \text{ Kg}$$

## 6.2. Beban Rem Kendaraan

Beban rem ditentukan untuk mendapatkan gaya rem akibat kendaraan di sepanjang arah longitudinal jembatan. Damper jenis *Lock-up Device* yang dipasang arah longitudinal jembatan berguna untuk mengurangi *displacement* akibat gaya gempa dan gaya rem. Untuk menentukan gaya rem digunakan grafik gaya rem sesuai peraturan yang dapat pada **Gambar 6.4**.

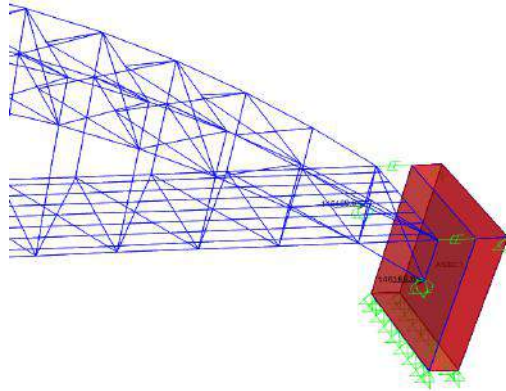


Gambar 9 Gaya rem per lajur 2,75 m (KBK)

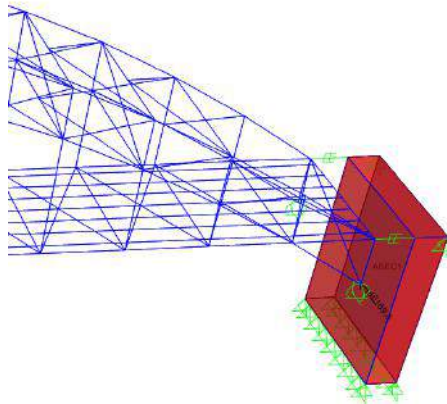
**Gambar 6.4** Gaya Rem Kendaraan  
(Sumber : RSNI T-02-2005)

Dari grafik diatas dapat ditentukan bahwa bentang 100 meter Jembatan Busur Baja Pemali memiliki beban rem kendaraan sebesar 230 kN setiap lajunya.

### 6.3. Permodelan Gaya untuk Menentukan Damper

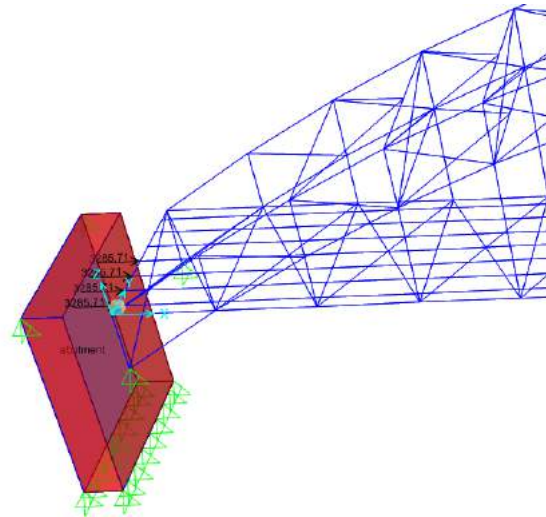


**Gambar 6.5** Permodelan Beban Gempa Arah X pada SAP2000



**Gambar 6.6** Permodelan Beban Gempa Arah Y pada SAP2000





**Gambar 6.7** Permodelan Beban Gaya Rem Kendaraan

#### **6.4. Gaya pada Titik Pemasangan Damper**

Untuk menentukan desain dari *Lock Up Device* sebelumnya dicari gaya yang bekerja pada titik pemasangan damper. Kombinasi yang digunakan untuk mencari gaya yang bekerja menggunakan kombinasi pembebanan SNI 1725-2016, dengan koefisien beban  $1,1D+2SD+1Q+0,3TB$  (Ekstrem II) dan diinput kombinasi ke program bantu SAP2000 untuk memperoleh gaya yang bekerja pada pemasangan damper.

Dengan menggunakan program SAP2000 didapatkan gaya akibat kombinasi pembebanan yang bekerja pada titik penempatan damper sebesar 703931 Kg.

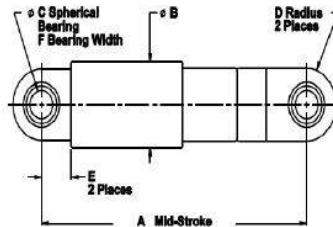
**Tabel 6.3** Gaya yang Bekerja pada Titik Penempatan Dampers

Frame	Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
20	21	1,1D + 2SD + 1Q + 0,3TB	Combination	-703931	35,89	485840,25
149	21	1,1D + 2SD + 1Q + 0,3TB	Combination	649250	0	809,43
209	21	1,1D + 2SD + 1Q + 0,3TB	Combination	23,5	-7,19	-504804,98
211	21	1,1D + 2SD + 1Q + 0,3TB	Combination	46844,3	14004,54	17679,08
212	21	1,1D + 2SD + 1Q + 0,3TB	Combination	3,91E-14	30,37	274,25
279	21	1,1D + 2SD + 1Q + 0,3TB	Combination	7813,11	-14063,61	201,96
40	44	1,1D + 2SD + 1Q + 0,3TB	Combination	-703735	-62,55	485703,11
75	44	1,1D + 2SD + 1Q + 0,3TB	Combination	649056,4	0	809,43
148	44	1,1D + 2SD + 1Q + 0,3TB	Combination	23,24	-30,37	-504682,14
211	44	1,1D + 2SD + 1Q + 0,3TB	Combination	46827,86	-14004,54	17679,11
213	44	1,1D + 2SD + 1Q + 0,3TB	Combination	-3,9E-14	7,19	288,52
280	44	1,1D + 2SD + 1Q + 0,3TB	Combination	7827,93	14090,27	201,96
Max				649250		Kgf
min				-703931		Kgf

### 6.5. Lock-Up Device Jembatan

Setelah mendapatkan gaya yang bekerja pada titik penempatan damper, spesifikasi dari Lock-Up Device dapat ditentukan. Spesifikasi *Lock-Up Device* diambil dari brosur *Taylor Devices.inc* yang dapat dilihat pada **Gambar 6.9**.

### High Capacity Lock-Up Devices 10 kip to 2000 kip Output



### Dimensional Data

Model	Stroke	A Inches	B Inches	C Inches	D Inches	E Inches	F Inches
10 kip	12" (±5")	48	5.0	1.25	1.4	1.25	1.1
50 kip	12" (±5")	53	7.0	1.6	1.9	2.0	1.3
100 kip	12" (±5")	53	7.5	2.6	3.2	4.75	2.2
200 kip	12" (±5")	54	9.0	2.75	3.3	5.0	2.4
300 kip	12" (±5")	60	11.5	3.0	4.25	5.25	2.7
600 kip	12" (±5")	77	16.0	6.0	7.5	10.0	4.8
1000 kip	12" (±5")	88	23.0	6.0	9.0	14.25	4.8
2000 kip	12" (±5")	102	26.0	8.0	11.0	17.0	6.0

#### NOTE:

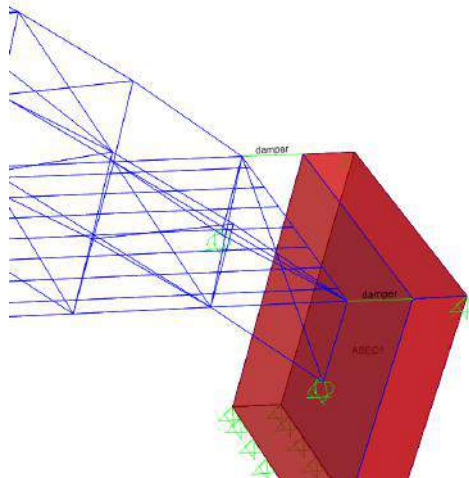
Various strokes available, from 2 inches to 120 inches. Any stroke change from the 12 inch stroke version depicted changes extended length by two and one half inches per inch of total stroke change.

#### EXAMPLE:

200 kip x 8 inch stroke, mid-stroke length is 54+2.5 (12-8) = 44 inches.

**Gambar 6.8** Brosur *Lock-Up Device* (Damper)  
(Sumber : Taylor Devices.inc)

Gaya akibat kombinasi pembebanan yang bekerja pada titik penempatan damper sebesar 703931 Kg. Sehingga digunakan damper dengan spesifikasi kekuatan sebesar 2000 KIP yang ditempatkan pada titik 21 dan 44. Permodelan damper pada SAP2000 dapat dilihat pada **Gambar 6.9**.



**Gambar 6.9** Permodelan *Lock-Up Device* (Damper) pada Jembatan

#### **6.6. Efektifitas Penggunaan Damper pada *Displacement* Jembatan**

Analisa efektifitas damper dilakukan dengan mengambil dua permodelan pada Program SAP. Permodelan pertama tanpa menggunakan damper. Sedangkan pada permodelan kedua ditambahkan damper yang didefinisikan sebagai *Link / Support*, Sehingga didapatkan pengaruh damper pada *displacement* struktur

yang diambil pada titik 21 dan 44 (*joint text*) yang dapat dilihat pada **Tabel 6.4**.

TABLE: Joint Displacements					
Joint	OutputCase	CaseType	U1-ND	U1-D	selisih
Text	Text	Text	m	m	%
21	beban rem	LinStatic	0,002362	0,001983	16,04572396
21	gempa	Combination	0,030904	0,025868	16,29562516
21	1,1D + 2SD + 1Q + 0,3TB	Combination	0,113896	0,09534	16,29205591
44	beban rem	LinStatic	0,00117	0,000973	16,83760684
44	gempa	Combination	0,030917	0,025877	16,30171103
44	1,1D + 2SD + 1Q + 0,3TB	Combination	0,113508	0,095005	16,30105367
average displacement					16,34562943

**Tabel 6.4** Efektifitas Damper pada *Displacement* Jembatan

Dari data *output* SAP2000, dapat diambil kesimpulan rata-rata efektifitas damper dalam mengurangi *displacement* jembatan akibat kombinasi pembebanan sebesar 16 %.

## BAB VII DETAIL SAMBUNGAN

### 7.1. Umum

Dalam mendesain sambungan pada Jembatan Pemali ini mengacu pada peraturan sambungan baja SNI 1729-2002 yang berdasarkan metodenya pada LRFD. Beberapa sistem sambungan yang digunakan terdiri dari sambungan baut dan las. Tipe-tipe baut dan las yang digunakan mengacu pada **Tabel 7.1.** dan **Tabel 7.2.**

**Tabel 7.1** Tipe-Tipe Baut *Friction*  
(Sumber: SNI 1729-2002 Tabel 18.2-1)

Diameter nominal baut (mm)	Gaya tarik minimum (KN)
16	95
20	145
24	210
30	335
36	490

**Tabel 7.2** Ukuran Minimum Las Sudut  
(Sumber: SNI 1729-2002 Tabel 13.5.1)

Tebal bagian paling tebal, $t$ [mm]	Tebal minimum las sudut, $a$ , [mm]
$t \leq 7$	3
$7 < t \leq 10$	4
$10 < t \leq 15$	5
$15 < t$	6

## 7.2. Sambungan Balok Memanjang dan Balok Melintang

### 7.2.1. Profil Balok Memanjang WF 400x300x10x16

Fy	: 250 MPa	fu	: 410 MPa	Es	: 200000 MPa
d	: 390 mm	B	: 300 mm	tw	: 10 mm
				tf	: 16 mm

Vu maksimum : 32051.53 Kg

Pelat sambung siku 120x120x11 BJ 50

#### Baut tipe A325

Diameter baut (db) = 20 mm

Gaya tarik minimum = 14500 Kg

Jumlah bidang geser (m) = 2

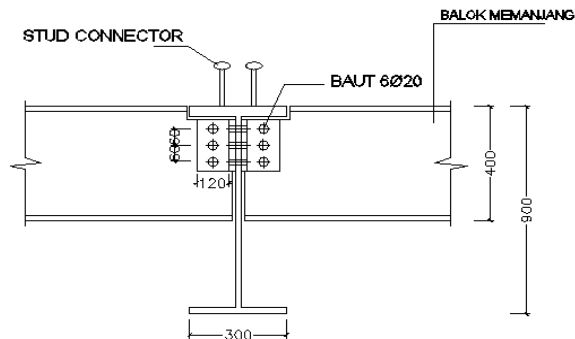
Phi ( $\phi$ ) = 1 (lubang standar)

$\mu$  = 0.35 (permukaan bersih)

#### Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

$$\begin{aligned}\text{Kuat geser } (\phi V_n) &= \phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 2 \cdot 14500 \\ &= 11469,5 \text{ Kg}\end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{Vu}{\phi V_n} = \frac{32051.53}{11469,5} = 2,79 \approx 3 \text{ buah}$$



**Gambar 7.1** Sambungan Balok Memanjang ke Balok Melintang

### 7.2.2. Profi Balok Melintang WF 900x300x16x28

Fy : 250 MPa	fu : 410 MPa	Es : 200000 MPa
d : 900 mm	B : 300 mm	tw : 28 mm
		tf : 16 mm

Vu maksimum : 32051.53 Kg

Pelat sambung siku 120x120x11 BJ 50

#### Baut tipe A325

Diameter baut (db) = 20 mm

Gaya tarik minimum = 14500 Kg

Jumlah bidang geser (m) = 1

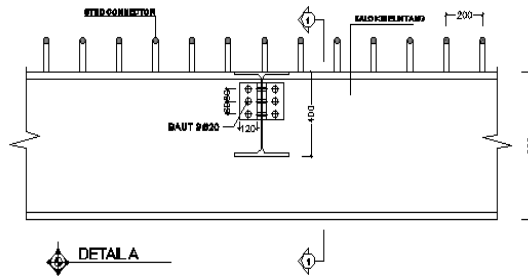
Phi ( $\phi$ ) = 1 (lubang standar)

$\mu$  = 0.35 (permukaan bersih)

#### Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

$$\begin{aligned}\text{Kuat geser } (\phi V_n) &= \phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 14500 \\ &= 5734,75 \text{ Kg}\end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{Vu}{\phi V_n} = \frac{32051.53}{5734,75} = 5,589 \approx 6 \text{ buah}$$



**Gambar 7.2** Sambungan Balok Melintang ke Balok Memanjang

### 7.2.3. Jarak Pemasangan Baut

Syarat :  $3db \leq S \leq 15tp$  atau 200 mm

$$1.5db \leq S_1 \leq (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm  
 $3 \cdot 20 \leq S \leq 15 \cdot 12$  atau 200 mm  
 dipakai  $S = 60$  mm
- $1.5d_b \leq S \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 20 \leq S \leq (4 \cdot 10 + 100)$  atau 200 mm
- $30 \leq S \leq 144$  atau 200 mm  
 Dipakai  $S = 30$  mm

#### 7.2.4. Kontrol Pelat Siku Penyambung

##### Kontrol Leleh

$$A_g = 43,2 \text{ mm}$$

$$A_u = A_e = 43,2 \cdot 0,75$$

$$= 32,4 \text{ mm}$$

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 26.5 = 66204 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 66294 \text{ Kg} > V_u = 32051.53 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

##### Kontrol Putus

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e$$

$$= 0,75 \cdot 5000 \cdot 32,4 = 5734,75 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 5734,75 \text{ Kg} \geq V_u = 32051.53 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

#### 7.3. Sambungan Ikatan Angin dan Ikatan Silang

Dalam sambungan angin Jembatan Pemali ini digunakan pelat sambung dengan tebal 12 mm dan baut tipe A325 yang memiliki spesifikasi sesuai pada **Tabel 7.1**.

##### 7.3.1. Sambungan Ikatan Angin Rangka

Fy : 250 MPa	fu : 410 MPa	Es : 200000 MPa
d : 16 mm	b : 200 mm	



$V_u$  maksimum : 16567.16 Kg  
Pelat sambung siku 120x120x11 BJ 50

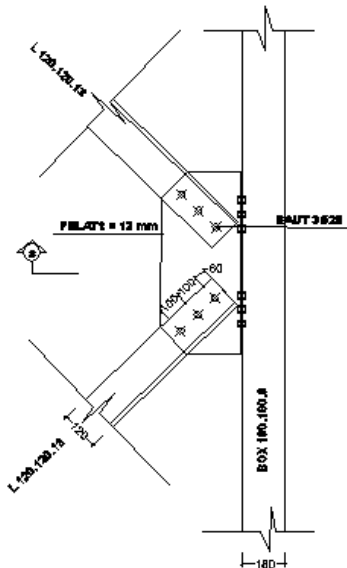
### Baut tipe A325

Diameter baut (db) = 20 mm  
Gaya tarik minimum = 14500 Kg  
Jumlah bidang geser (m) = 1  
Phi ( $\phi$ ) = 1 (lubang standar)  
 $\mu$  = 0.35 (permukaan bersih)

### Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

Kuat geser ( $\phi V_n$ ) =  $\phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b$   
=  $1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 14500$   
= 5734,75 Kg

Jumlah Baut (n) =  $\frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{16567,16}{5734,75} = 2,88 \approx 3$  buah



**Gambar 7.3** Sambungan Ikatan Angin Rangka Jembatan

### 7.3.2. Sambungan Ikatan Angin Silang Rangka L 180.180.16

$F_y$  : 250 MPa       $f_u$  : 410 MPa       $E_s$  : 200000 MPa  
 $d$  : 16 mm       $b$  : 180 mm

$V_u$  maksimum : 4326.16 Kg

Pelat sambung siku 120x120x11 BJ 50

#### Baut tipe A325

Diameter baut (db) = 16 mm

Gaya tarik minimum = 9500 Kg

Jumlah bidang geser (m) = 1

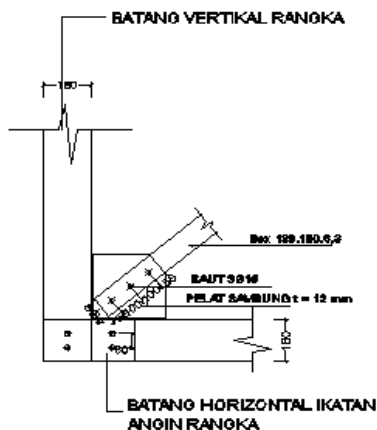
$\Phi$  ( $\emptyset$ ) = 1 (lubang standar)

$\mu$  = 0.35 (permukaan bersih)

#### Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat geser } (\emptyset V_n) &= \emptyset \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\
 &= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 9500 \\
 &= 3757,25 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{V_u}{\emptyset V_n} = \frac{4326,16}{3757,2} = 1,15 \approx 2 \text{ buah}$$



**Gambar 7.4** Sambungan Ikatan Angin Silang Rangka

### 7.3.3. Sambungan Balok Horizontal Ikatan Angin Rangka

Balok Horizontal = Box 180 x 180 x 6,3

Pelat Sambung = L 120 x 120 x 11

Vu maksimum = 5876.1 Kg

#### Baut tipe A325

Diameter baut (db) = 16 mm

Gaya tarik minimum = 9500 Kg

Jumlah bidang geser (m) = 1

Phi ( $\phi$ ) = 1 (lubang standar)

$\mu$  = 0.35 (permukaan bersih)

#### Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

$$\begin{aligned}\text{Kuat geser } (\phi V_n) &= \phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 9500 \\ &= 3757,25 \text{ Kg}\end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{Vu}{\phi V_n} = \frac{5876,1}{3757,2} = 1,55 \approx 4 \text{ buah}$$

### 7.3.4. Jarak Pemasangan Baut pada Ikatan Rangka

Syarat :  $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$$1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Untuk baut diameter 20 mm

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm  
 $3 \cdot 20 \leq S \leq 15 \cdot 12$  atau 200 mm  
 dipakai  $S = 60 \text{ mm}$
- $1.5d_b \leq S \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 20 \leq S \leq (4 \cdot 10 + 100)$  atau 200 mm
- $30 \leq S \leq 144$  atau 200 mm  
 Dipakai  $S = 30 \text{ mm}$

Untuk baut diameter 16 mm

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm  
 $3 \cdot 16 \leq S \leq 15 \cdot 12$  atau 200 mm  
 dipakai  $S = 50$  mm
- $1.5d_b \leq S \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 16 \leq S \leq (4 \cdot 12 + 100)$  atau 200 mm
- $24 \leq S \leq 144$  atau 200 mm  
 Dipakai  $S = 30$  mm

### 7.3.5. Kontrol Pelat Sambungan Ikatan Rangka Kontrol Leleh

$$A_g = 24 \text{ mm}$$

$$A_u = A_e = 24 \cdot 0,75 \\ = 18 \text{ mm}$$

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 24 = 62640 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 62640 \text{ Kg} > V_u = 5876,1 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

### Kontrol Putus

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e \\ = 0,75 \cdot 5000 \cdot 18 = 38150 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 38150 \text{ Kg} \geq V_u = 5876,1 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

### 7.3.6. Sambungan Ikatan Angin Lantai L 150.150.14

$F_y$ : 250 MPa	$f_u$ : 410 MPa	$E_s$ : 200000 MPa
$d$ : 14 mm	$b$ : 150 mm	

$V_u$  maksimum : 3833,16 Kg

Pelat sambung siku 120x120x11 BJ 50

### Baut tipe A325

Diameter baut ( $d_b$ ) = 16 mm

Gaya tarik minimum = 9500 Kg

Jumlah bidang geser (m) = 1

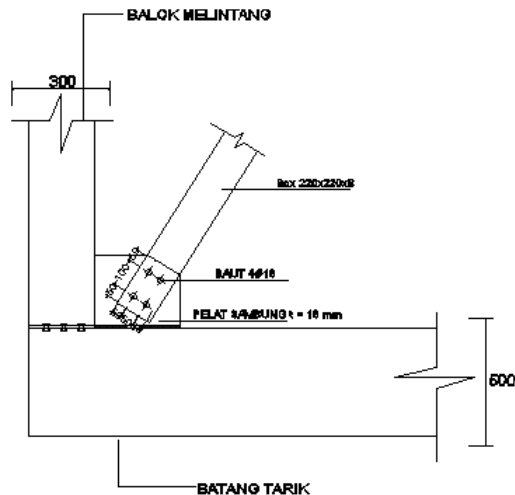
Phi ( $\phi$ ) = 1 (lubang standar)

$$\mu = 0.35 \text{ (permukaan bersih)}$$

### Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\phi V_n) &= \phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 9500 \\ &= 3757,25 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{Vu}{\phi V_n} = \frac{3833,16}{3757,2} = 1,05 \approx 4 \text{ buah}$$



**Gambar 7.5** Sambungan Ikatan Angin Lantai Kendaraan

### 7.3.7. Kontrol Pelat Samping Ikatan Angin Lantai

#### Kontrol Leleh

$$A_g = 24 \text{ mm}$$

$$A_u = A_e = 24 \cdot 0,75$$

$$= 18 \text{ mm}$$

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 24 = 62640 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 62640 \text{ Kg} > Vu = 3757,25 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

**Kontrol Putus**

$$\begin{aligned}\phi T_n &= \phi \cdot f_u \cdot A_e \\ &= 0,75 \cdot 5000 \cdot 18 = 38150 \text{ Kg} \\ \phi T_n &= 67500 \text{ Kg} \geq V_u = 3757,25 \text{ Kg} \quad \text{OK}\end{aligned}$$

**7.3.8. Sambungan Ikatan Silang Akhir Box 180.180.6,3**

$$\begin{array}{llll} F_y & : 250 \text{ MPa} & f_u & : 410 \text{ MPa} & E_s & : 200000 \text{ MPa} \\ d & : 14 \text{ mm} & b & : 180 \text{ mm} \end{array}$$

$V_u$  maksimum : 11758.77 Kg

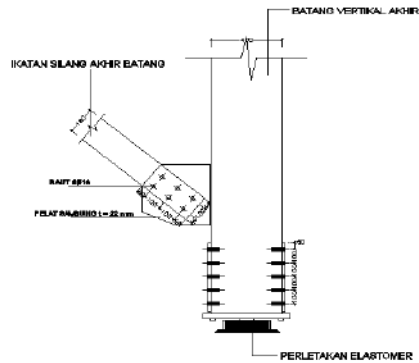
Pelat sambung siku tebal 22 mm BJ 50

**Baut tipe A325**

$$\begin{array}{ll} \text{Diameter baut (db)} & = 16 \text{ mm} \\ \text{Gaya tarik minimum} & = 9500 \text{ Kg} \\ \text{Jumlah bidang geser (m)} & = 1 \\ \text{Phi } (\phi) & = 1 \text{ (lubang standar)} \\ \mu & = 0.35 \text{ (permukaan bersih)} \end{array}$$

**Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)**

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\phi V_n) &= \phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 9500 \\ &= 3757,25 \text{ Kg} \\ \text{Jumlah Baut (n)} &= \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{11758,77}{3757,2} = 3,124 \approx 6 \text{ buah} \end{aligned}$$



**Gambar 7.6** Sambungan Ikatan Silang Akhir Jembatan

### 7.3.9. Kontrol Pelat Sambung Ikatan Silang Akhir Jembatan

#### Kontrol Leleh

$$A_g = 66 \text{ mm}$$

$$A_u = A_e = 66 \cdot 0,75 \\ = 49,5 \text{ mm}$$

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 24 = 172260 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 172260 \text{ Kg} > V_u = 11758,77 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

#### Kontrol Putus

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e \\ = 0,75 \cdot 5000 \cdot 49,5 = 185625 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 185625 \text{ Kg} \geq V_u = 11758,77 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

### 7.3.10. Jarak Pemasangan Baut Ikatan Lantai

Syarat :  $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm

Untuk baut diameter 16 mm

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$$3 \cdot 16 \leq S \leq 15 \cdot 12 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

dipakai  $S = 100 \text{ mm}$

- $1.5d_b \leq S \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 $1.5 \cdot 16 \leq S \leq (4 \cdot 10 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$

- $24 \leq S \leq 144 \text{ atau } 200 \text{ mm}$

Dipakai  $S = 50 \text{ mm}$

#### 7.4. Sambungan Balok Melintang dengan Rangka Utama

Tebal pelat sambung	= 22 mm BJ 50
Balok Melintang	= WF 900x300x16x28
Rangka Utama Bt. Tarik	= Box 500x500x22
Vu maksimum	= 12195.35 Kg

##### 7.4.1. Sambungan pada Balok Melintang

###### Baut tipe A325

Diameter baut (db)	= 16 mm
Gaya tarik minimum	= 9500 Kg
Jumlah bidang geser (m)	= 1
Phi ( $\phi$ )	= 1 (lubang standar)
$\mu$	= 0.35 (permukaan bersih)

###### Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat geser } (\phi V_n) &= \phi \cdot 1.13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\
 &= 1 \cdot 1.13 \cdot 0.35 \cdot 1 \cdot 9500 \\
 &= 3757.25 \text{ Kg} \\
 \text{Jumlah Baut (n)} &= \frac{Vu}{\phi V_n} = \frac{12195.35}{3757.2} = 3.24 \approx 6 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

###### Jarak Pemasangan Baut

Syarat :  $3d_b \leq S \leq 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$

$1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$

Untuk baut diameter 16 mm



maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm  
 $3 \cdot 16 \leq S \leq 15 \cdot 12$  atau 200 mm  
 dipakai  $S = 80$  mm
- $1.5d_b \leq S \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 16 \leq S \leq (4 \cdot 10 + 100)$  atau 200 mm
- $24 \leq S \leq 144$  atau 200 mm  
 Dipakai  $S = 50$  mm

### Kontrol Leleh

$$A_g = 57,2 \text{ mm}$$

$$A_u = A_e = 57,2 \cdot 0,75 \\ = 42,9 \text{ mm}$$

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 57,2 = 149292 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 149292 \text{ Kg} > V_u = 12195,35 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

### Kontrol Putus

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e \\ = 0,75 \cdot 5000 \cdot 42,9 = 160875 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 160875 \text{ Kg} \geq V_u = 12195,35 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

## 7.4.2. Sambungan Pada Batang Tarik Utama

### Baut tipe A325

$$\text{Diameter baut (db)} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Gaya tarik minimum} = 14500 \text{ Kg}$$

$$\text{Jumlah bidang geser (m)} = 1$$

$$\text{Phi } (\phi) = 1 \text{ (lubang standar)}$$

$$\mu = 0,35 \text{ (permukaan bersih)}$$

### Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\phi V_n) &= \phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 14500 \\ &= 5734,75 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Baut (n)} &= \frac{Vu}{\phi V_n} = \frac{187081.18}{5734.75} = 32,6 \approx \\ &33 \text{ buah} \end{aligned}$$

### Jarak Pemasangan Baut

Syarat :  $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm

Untuk baut diameter 20 mm

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm  
 $3 \cdot 20 \leq S \leq 15 \cdot 12$  atau 200 mm  
 dipakai  $S = 80$  mm
- $1.5d_b \leq S \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 20 \leq S \leq (4 \cdot 10 + 100)$  atau 200 mm
- $30 \leq S \leq 144$  atau 200 mm  
 Dipakai  $S = 50$  mm

### Kontrol Leleh

$$A_g = 110 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_u = A_e &= 110 \cdot 0,75 \\ &= 82,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 82,5 = 287100 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 287100 \text{ Kg} > V_u = 187081,2 \text{ Kg} \quad \mathbf{OK}$$

### Kontrol Putus

$$\begin{aligned} \phi T_n &= \phi \cdot f_u \cdot A_e \\ &= 0,75 \cdot 5000 \cdot 42,9 = 160875 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\phi T_n = 160875 \text{ Kg} < V_u = 187081,2 \text{ Kg} \quad \mathbf{OK}$$

## 7.5. Sambungan Rangka Utama Busur Jembatan

Tebal pelat sambung 22 mm BJ 50

### 7.5.1. Batang Tepi Bawah Rangka Utama

#### Baut tipe A325

Diameter baut (db)	= 24 mm
Gaya tarik minimum	= 21000 Kg
Jumlah bidang geser (m)	= 1
Phi ( $\emptyset$ )	= 1 (lubang standar)
$\mu$	= 0.35 (permukaan bersih)

#### Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

Vu maksimal	= 199269,45 Kg
Kuat geser ( $\emptyset Vn$ )	$= \emptyset \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b$ $= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 21000$ $= 8305,5 \text{ Kg}$
Jumlah Baut (n)	$= \frac{Vu}{\emptyset Vn} = \frac{199269,45 \text{ Kg}}{8305,5} = 23 \approx$ <p>24 buah</p>

### 7.5.2. Batang Vertikal Akhir Rangka Utama

#### Baut tipe A325

Diameter baut (db)	= 30 mm
Gaya tarik minimum	= 33500 Kg
Jumlah bidang geser (m)	= 1
Phi ( $\emptyset$ )	= 1 (lubang standar)
$\mu$	= 0.35 (permukaan bersih)

#### Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

Vu maksimal	= 250284 Kg
Kuat geser ( $\emptyset Vn$ )	$= \emptyset \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b$ $= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 33500$ $= 13249,25 \text{ Kg}$
Jumlah Baut (n)	$= \frac{Vu}{\emptyset Vn} = \frac{250284 \text{ Kg}}{13249,25} = 18 \approx$ <p>20 buah</p>

### 7.5.3. Batang Tepi Atas Segmen 3 Rangka Utama

#### Baut tipe A325

Diameter baut (db)	= 30 mm
Gaya tarik minimum	= 33500 Kg
Jumlah bidang geser (m)	= 1
Phi ( $\emptyset$ )	= 1 (lubang standar)
$\mu$	= 0.35 (permukaan bersih)

#### Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

Vu maksimal	= 262224,67 Kg
Kuat geser ( $\emptyset Vn$ )	$= \emptyset \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b$ $= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 33500$ $= 13249,25 \text{ Kg}$
Jumlah Baut (n)	$= \frac{Vu}{\emptyset Vn} = \frac{262224,6 \text{ Kg}}{13249,25} = 19 \approx$ <p>20 buah</p>

### 7.5.4. Batang Tepi Atas Segmen 2 Rangka Utama

#### Baut tipe A325

Diameter baut (db)	= 30 mm
Gaya tarik minimum	= 33500 Kg
Jumlah bidang geser (m)	= 1
Phi ( $\emptyset$ )	= 1 (lubang standar)
$\mu$	= 0.35 (permukaan bersih)

#### Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

Vu maksimal	= 253110,255 Kg
Kuat geser ( $\emptyset Vn$ )	$= \emptyset \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b$ $= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 33500$ $= 13249,25 \text{ Kg}$
Jumlah Baut (n)	$= \frac{Vu}{\emptyset Vn} = \frac{253110,255 \text{ Kg}}{13249,25} = 19,7 \approx$ <p>20 buah</p>

### 7.5.5. Batang Tepi Atas Segmen 1 Rangka Utama

#### Baut tipe A325

Diameter baut (db)	= 30 mm
Gaya tarik minimum	= 33500 Kg
Jumlah bidang geser (m)	= 1
Phi ( $\emptyset$ )	= 1 (lubang standar)
$\mu$	= 0.35 (permukaan bersih)

#### Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

Vu maksimal	= 246707.71 Kg
Kuat geser ( $\emptyset Vn$ )	$= \emptyset \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b$ $= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 33500$ $= 13249,25 \text{ Kg}$
Jumlah Baut (n)	$= \frac{Vu}{\emptyset Vn} = \frac{246707,71 \text{ Kg}}{13249,25} = 18,6 \approx$ 20 buah

### 7.5.6. Batang Vertikal Rangka Utama

#### Baut tipe A325

Diameter baut (db)	= 16 mm
Gaya tarik minimum	= 9500 Kg
Jumlah bidang geser (m)	= 1
Phi ( $\emptyset$ )	= 1 (lubang standar)
$\mu$	= 0.35 (permukaan bersih)

#### Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

Vu maksimal	= 32610,4 Kg
Kuat geser ( $\emptyset Vn$ )	$= \emptyset \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b$ $= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 9500$ $= 3757,25 \text{ Kg}$
Jumlah Baut (n)	$= \frac{Vu}{\emptyset Vn} = \frac{32610,4 \text{ Kg}}{3757,25} = 8,67 \approx$ 10 buah

### 7.5.7. Batang Diagonal Rangka Utama

#### Baut tipe A325

Diameter baut (db)	= 16 mm
Gaya tarik minimum	= 9500 Kg
Jumlah bidang geser (m)	= 1
Phi ( $\phi$ )	= 1 (lubang standar)
$\mu$	= 0.35 (permukaan bersih)

#### Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

Vu maksimal	= 15203,56 Kg
Kuat geser ( $\phi V_n$ )	$= \phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b$ $= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 9500$ $= 3757,25 \text{ Kg}$
Jumlah Baut (n)	$= \frac{Vu}{\phi V_n} = \frac{15203,56 \text{ Kg}}{3757,25} = 4,07 \approx$ 6 buah

### 7.5.8. Jarak Pemasangan Baut Rangka Utama

#### Jarak Pemasangan Baut Diameter 24 mm

Syarat :  $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm  
 $3 \cdot 24 \leq S \leq 15 \cdot 12$  atau 200 mm  
 dipakai  $S = 100 \text{ mm}$
- $1.5d_b \leq S \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 24 \leq S \leq (4 \cdot 10 + 100)$  atau 200 mm
- $36 \leq S \leq 144$  atau 200 mm  
 Dipakai  $S = 50 \text{ mm}$

#### Jarak Pemasangan Baut Diameter 30 mm

Syarat :  $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm  
 $3 \cdot 30 \leq S \leq 15 \cdot 12$  atau 200 mm  
 dipakai  $S = 100$  mm
- $1.5d_b \leq S \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 30 \leq S \leq (4 \cdot 10 + 100)$  atau 200 mm
- $36 \leq S \leq 144$  atau 200 mm  
 Dipakai  $S = 50$  mm

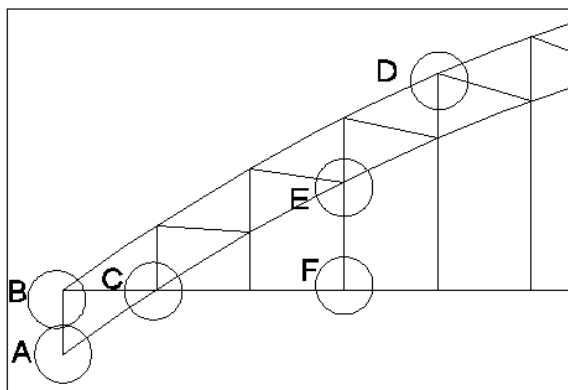
### Jarak Pemasangan Baut Diameter 16 mm

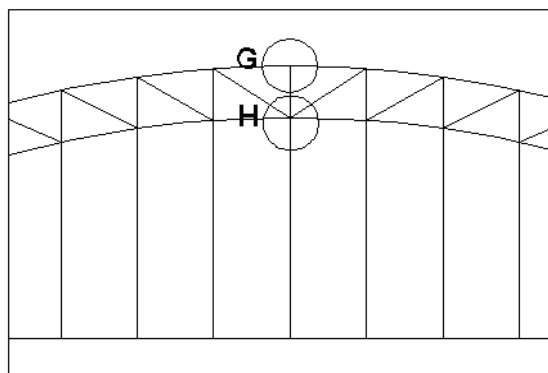
Syarat :  $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$1.5d_b \leq S \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm

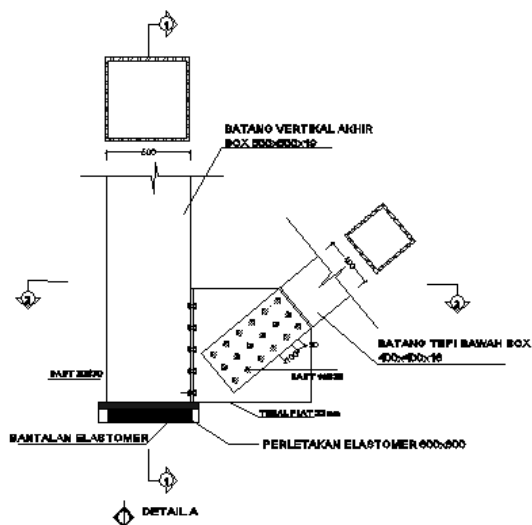
maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm  
 $3 \cdot 16 \leq S \leq 15 \cdot 12$  atau 200 mm  
 dipakai  $S = 50$  mm
- $1.5d_b \leq S \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 16 \leq S \leq (4 \cdot 10 + 100)$  atau 200 mm
- $36 \leq S \leq 144$  atau 200 mm  
 Dipakai  $S = 30$  mm





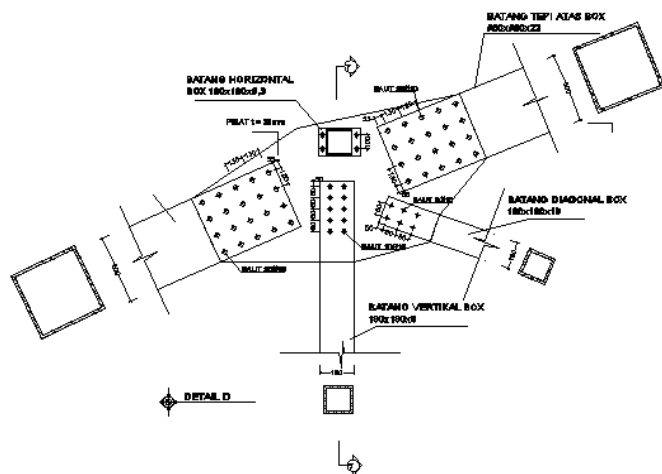
**Gambar 7.7** Denah Detail Sambungan Rangka Utama



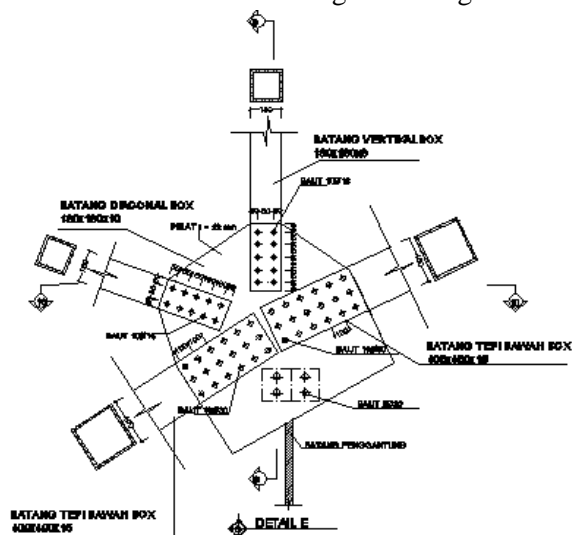
**Gambar 7.8** Detail Sambungan A Rangka Utama



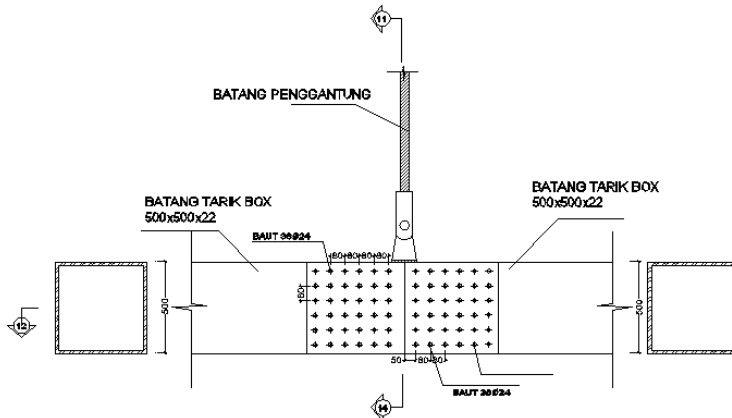




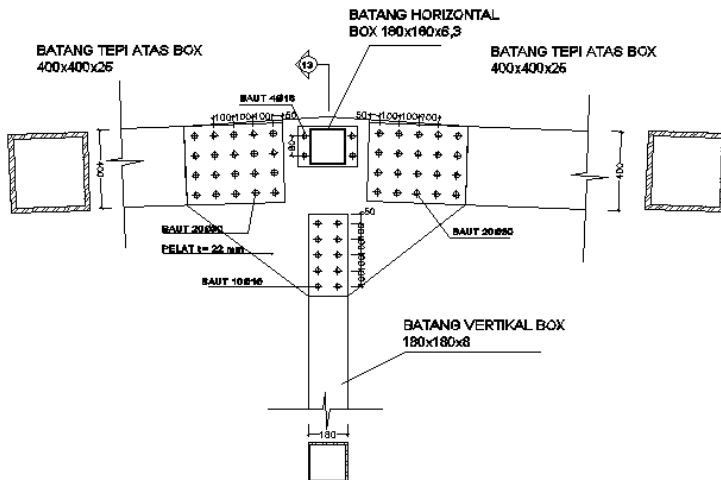
**Gambar 7.11** Detail Sambungan D Rangka Utama



**Gambar 7.12** Detail Sambungan E Rangka Utama



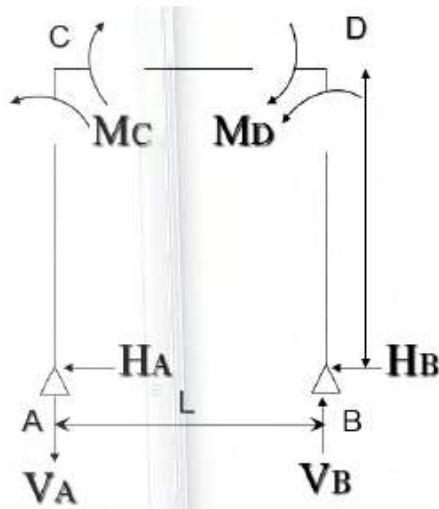
**Gambar 7.13** Detail Sambungan F Rangka Utama



**Gambar 7.14** Detail Sambungan G Rangka Utama

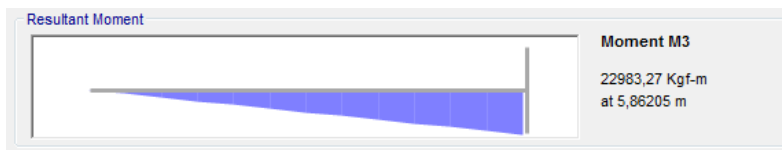


## 7.6. Sambungan Portal Akhir Busur Jembatan



**Gambar 7.16** Ilustrasi Gaya yang bekerja pada Portal Akhir

Perhitungan sambungan portal akhir mengacu pada analisis SAP2000. Sehingga didapatkan Momen 2-2 (My) dan Momen 3-3 (Mx) didapatkan nilai  $M_y = -803.14$  Kgm (tekan) dan  $M_x = 22983.27$  Kgm



**Gambar 7.17** Hasil Momen pada Portal Akhir

Tebal pelat sambung	= 22 mm BJ 50
Profil Kolom Portal Akhir	= Box 500 x 500 x 25
Profil Balok Portal Akhir	= Box 500 x 500 x 25
$V_u$ maksimum	= 714039 Kg

**Baut Tipe A325**Diameter baut ( $d_b$ ) = 36 mmGaya tarik minimum baut ( $T_b$ ) = 49000 KgJumlah bidang geser ( $m$ ) = 1Phi ( $\emptyset$ ) = 1 (lubang standar) $\mu$  = 0.35**Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)**

Vu maksimal = 15203,56 Kg

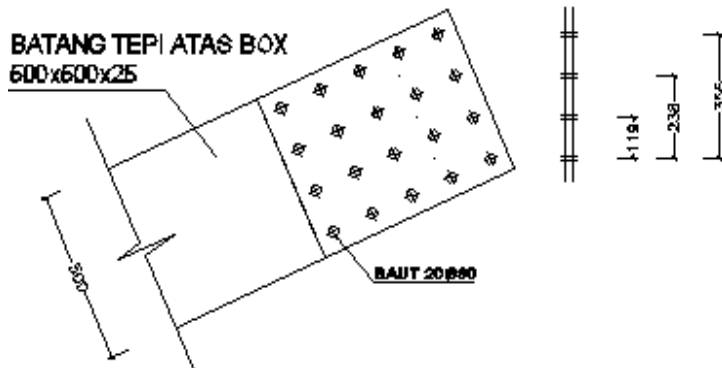
$$\begin{aligned}\text{Kuat geser } (\emptyset V_n) &= \emptyset \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 49000 \\ &= 38759 \text{ Kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Baut (n)} &= \frac{Vu}{\emptyset V_n} = \frac{714039 \text{ Kg}}{38759} = 20,5 \approx \\ &35 \text{ buah}\end{aligned}$$
**Jarak Pemasangan Baut**Syarat :  $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm $1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm

Untuk baut diameter 36 mm

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm  
 $3 \cdot 36 \leq S \leq 15 \cdot 12$  atau 200 mm  
 dipakai  $S = 110 \text{ mm}$
- $1.5d_b \leq S \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 36 \leq S \leq (4 \cdot 10 + 100)$  atau 200 mm
- $24 \leq S \leq 144$  atau 200 mm  
 Dipakai  $S = 60 \text{ mm}$



**Gambar 7.18** Ilustrasi Cara Pendekatan Baut Portal Akhir

$$\begin{aligned}
 T_{Umax} &= \frac{M_u \cdot y_{max}}{\sum y^2} \\
 &= \frac{12335,06 \cdot 356}{2 \cdot (119^2 + 238^2 + 356^2)} \\
 &= 16991,99 \text{ Kg} \leq T_{dulir}
 \end{aligned}$$

**OK**

### Kontrol Geser

$$V_u = \frac{P_u}{n} = \frac{714039}{35} = 20401,11 \text{ Kg} < V_n = 38759 \text{ Kg}$$

$$f_{uv} = \frac{V_u}{A_b} = \frac{20401,11}{10,1736} = 2005,299 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\phi \cdot 0,5 \cdot f_u^b = 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5500 = 2062,5 \text{ Kg/cm}^2$$

Syarat :

$$f_{uv} = 2005,299 \text{ Kg/cm}^2 < \phi 0,5 f_u^b = 2062,5 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{OK}$$

## 7.7. Perencanaan Perletakan

Perencanaan desain dari perletakan Jembatan Pemali ini mengacu pada peraturan *Bridge Management System* (BMS) bagian 8 tentang perletakan dan hubungan lantai jembatan.

### 7.7.1. Pembebanan

#### 7.7.1.1. Beban Total Struktur

Dengan program SAP2000 kita dapatkan output berat total dari struktur akibat kombinasi pembebanan KUAT I sebesar 1907500 Kg

**Tabel 7.3** Berat Total Struktur Akibat Kombinasi Beban

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
KUAT I	Combinati	Max	4,01E-07	1,019E-08	1907500

Berat tersebut belum termasuk dari berat sambungan dan titik simpul yang direncanakan sebesar 10% dari berat mati total bangunan.

$$\begin{aligned} \text{Berat sambungan} &= 0,1 \cdot 1327059,9 \text{ Kg} \\ &= 132705,99 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Sehingga berat total dari struktur jembatan yaitu sebesar :

Direncanakan jembatan dengan 4 elastomer, sehingga tiap elastomer menerima beban sebesar :

$$P_{TOTAL} = 1907500 + 132705,99 = 2040206 \text{ Kg}$$



$$P_{ELASTOMER} = \frac{2040206}{4} = 510051,5 \text{ kg}$$

### 7.7.1.2. Beban Gempa

Beban gempa diatur dalam BMS pasal 2.4.7.1 rumus 2.8 :

$$T_{EQ} = C \cdot S \cdot I \cdot W_T$$

Dimana :

C = koefisien dasar gempa

S = faktor tipe bangunan

I = faktor kepentingan jembatan

$W_T$  = berat total nominal bangunan (Kg)

$T_{EQ}$  = gaya geser dasar untuk arah yang ditinjau

#### 7.7.1.2.1. Koefisien Dasar “C”

Direncanakan dimensi abutment tafsiran yaitu 2 x 9,5 meter dengan tinggi 12 meter.

$$\begin{aligned} W_{TP} &= W_{TOTAL} + (0,5 \cdot W_{PILAR}) \\ &= 2040206 + (0,5 \cdot (2 \cdot 9,5 \cdot 12 \cdot 2400)) \\ &= 2313806 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= 4700\sqrt{fc} \\ &= 4700\sqrt{40} \\ &= 29725,41 \text{ Kg/cm}^2 = 297254100 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_1(\text{longitudinal}) &= 60\% \cdot \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \\ &= 60\% \cdot \frac{1}{12} \cdot 9,5 \cdot 2^3 \\ &= 3,8 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_1(lateral) &= 60\% \cdot \frac{1}{12} \cdot h \cdot b^3 \\
 &= 60\% \cdot \frac{1}{12} \cdot 2 \cdot 9,5^3 \\
 &= 85,74 \text{ m}^4
 \end{aligned}$$

- Arah memanjang (longitudinal)

Berdasarkan BMS pasal 2.4.7.1 rumus 2.10, maka :

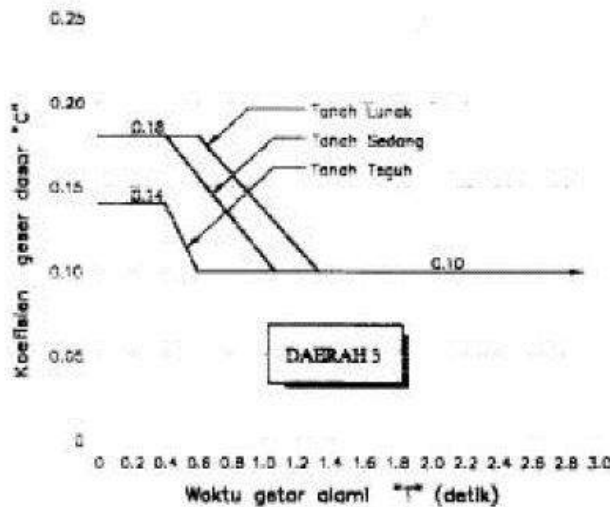
$$K_P = \frac{3 \cdot E \cdot I}{L^3} = \frac{3 \cdot 297254100 \cdot 3,8}{1728^3} = 19561051,354 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 T &= 2\pi \sqrt{\frac{W_{TP}}{g \cdot K_P}} \\
 &= 2\pi \sqrt{\frac{2313806}{9,81 \cdot 19561051,354}} \\
 &= 2,179 \text{ s}
 \end{aligned}$$

Dimana :

- $T$  = waktu getar arah memanjang (detik)  
 $W_{TP}$  = Berat total nominal bangunan atas termasuk beban mati ditambah setengah berat abutmen (Kg)  
 $K_P$  = Kekakuan gabungan sebagai gaya horizontal yang diperlukan untuk menimbulkan satu satuan lendutan bagian atas (Kg/m)

Diketahui bahwa Jembatan Pemali terletak pada zona gempa 3, dengan permukaan tanah sedang dan  $T = 2,6$  detik. Dengan mengacu kepada grafik dibawah ini, didapatkan nilai  $C$  sebesar 0.1.



**Gambar 7.19** Grafik Koefisien “C” untuk Zona Gempa 3  
(Sumber : BMS 1992)

- Arah melintang (lateral)

Berdasarkan BMS pasal 2.4.7.1 rumus 2.10, maka :

$$K_p = \frac{3 \cdot E \cdot I}{L^3} = \frac{3 \cdot 297254100 \cdot 85,74}{1728^3}$$

$$= 44246221 \text{ kg}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{WTP}{g \cdot K_p}}$$

$$= 2\pi \sqrt{\frac{2313806}{9,81 \cdot 44246221}}$$

$$= 0,458 \text{ s}$$

Diketahui bahwa Jembatan Pemali terletak pada zona gempa 3, dengan permukaan tanah sedang dan  $T = 0,458$  detik. Dengan mengacu kepada grafik dibawah ini, didapatkan nilai  $C$  sebesar 0.18.

#### 7.7.1.2.2. Faktor Tipe Bangunan (s)

Berdasarkan peraturan BMS pasal 2.4.7.3 tentang faktor tipe bangunan untuk jembatan dengan daerah sendi beton bertulang atau baja.

Bridge Type Tipe Jembatan (1), (2)	Structural Type Factor S      Faktor Tipe Bangunan S		
	Bridges with Reinforced Concrete or Steel Hinge Zones Jembatan dengan Daerah Sendi Beton Bertulang atau Baja	Bridges with Prestressed Concrete Hinge Zones Jembatan dengan Daerah Sendi Beton Prategang	
		Partially Prestressed (3) Prategang Parsial (3)	Fully Prestressed (3) Prategang Penuh (3)
Type A (4)	1.0 F	1.15 F	1.3 F
Type B (4)	1.0 F	1.15 F	1.3 F
Type C	3.0	3.0	3.0

Gambar 6.22 Faktor Tipe Bangunan menurut BMS

(Sumber: BMS 1992)

#### Gambar 7.20 Faktor Tipe Bangunan Jembatan Menurut BMS

(Sumber : BMS 1992)

$$S = 1.0 F$$

Dimana  $F = 1.25 - 0.025 \times n$ ,  $F \leq 1.00$

$n$  = jumlah sendi plastis yang menahan deformasi arah lateral sehingga:  $S = 1.0 \times (1.25 - 0.025 \times 8)$

$$= 1.05$$

### 7.7.1.2.3. Faktor Kepentingan (I)

#### 6.7.1.2.3. Faktor Kepentingan (I)

Classification Klasifikasi	Minimum Value of I Harga I Minimum
1. Bridges carrying more than 2000 vehicles per day, bridges on or over major highways or vital arterial routes and bridges where there is no alternative route. Jembatan memuat lebih dari 2000 kendaraan/hari, jembatan pada jalan raya utama atau arteri dan jembatan dimana tidak ada rute alternatif.	1.2
2. All other permanent material bridges where an alternative route is available, excluding bridges designed for reduced traffic loading. Seluruh jembatan permanen lainnya dimana rute alternatif tersedia, tidak termasuk jembatan yang direncanakan untuk mengurangi pembebanan lalu-lintas.	1.0
3. Temporary bridges (e.g. Bailey) and bridges designed for reduced traffic loading in accordance with clause 2.3.5 Jembatan sementara (misal: Bailey) dan jembatan yang direncanakan untuk mengurangi pembebanan lalu-lintas sesuai dengan ayat 2.3.5.	0.8

Gambar 6.23 Faktor Kepentingan Jembatan menurut BMS  
(Sumber: BMS 1992)

Gambar 7.21 Faktor Kepentingan Jembatan Menurut BMS  
(Sumber : BMS 1992)

Mengacu pada peraturan BMS digunakan  $I = 1.2$  untuk tipe jembatan yang memuat kendaraan lebih dari 2000/hari, jembatan pada jalan raya utama atau arteri dan jembatan dimana tidak ada rute alternatif.

#### 7.7.1.2.4. Perhitungan Gaya Geser Total

- Gaya Geser Dasar Arah Memanjang

$$T_{EQ} = 0,1 \cdot 1,05 \cdot 1,2 \cdot 2313806$$

$$= 167209,5461 \text{ Kg}$$

$$F_{(x)Q} = 0,5 \cdot 167209,5461$$

$$= 83604,773 \text{ Kg}$$

- Gaya Geser Dasar Arah Melintang

$$T_{EQ} = 0,18 \cdot 1,05 \cdot 1,2 \cdot 2313806$$

$$= 300977,2 \text{ Kg}$$

$$F_{(x)Q} = 0,5 \cdot 300977,2$$

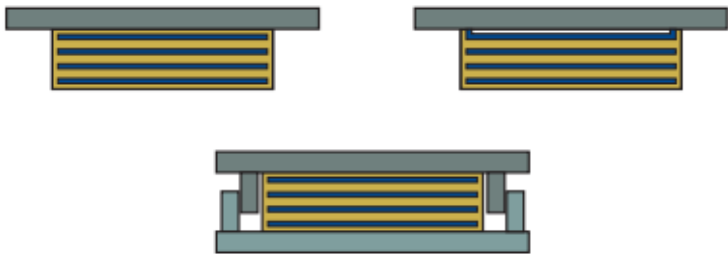
$$= 150488,6 \text{ Kg}$$

#### 7.7.1.2.5. Kombinasi Pembebanan Terbesar

- Kombinasi beban vertikal terbesar  
 $V_{\max} = 524562,5 \text{ Kg}$
- Kombinasi beban horizontal memanjang  
 $H_a = F_{(x)Q} = 83604,773 \text{ Kg}$
- Kombinasi beban horizontal melintang  
 $H_b = F_{(x)Q} = 150488,6 \text{ Kg}$

#### 7.7.2. Perencanaan Elastomer

Dalam perencanaan elastomer ini, elastomer harus mampu memikul translasi dan rotasi melalui deformasi elastis. Lendutan elastomer pada beban tekan dipengaruhi oleh desain bentuk elastomer itu sendiri.



**Gambar 7.22** Elastomer dengan *Sliding Surface*  
(Sumber : Freyssinet Technology)

Dalam desain elastomer Jembatan Pemali ini, produk elastomer yang digunakan adalah produk dari *Freyssinet Technology*. Section properties dari elastomer produk *Freyssinet Technology* dapat dilihat pada **Tabel 7.4**.

**Tabel 7.4** Section properties dari Elastomer  
(Sumber : Freyssinet Technology)

Plan dimensions of bearings	Compression load under zero displacement	Layer thickness	Number of layers	Number of reinforcing plates (TYPE B)	Reinforcing plates thickness	TYPE B			TYPE C				Allowable rotation
						Total elastomer thickness	Total thickness of bearing	Allowable displacement	Thickness of the base steel plates	Total elastomer thickness	Total thickness of bearing	Allowable displacement	
inch, D	F	t	n	m	ts	te	T	w	ts	te	T	w	α
mm	kN	mm			mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	rad
100x100	130	8	2	3	3	21	30	21	15	16	49	16	21
100x200	170		3	4		29	41	29		24	63	24	21
150x200	408	8	2	3	3	21	30	21	15	16	49	16	30
150x300	538		3	4		29	41	29		24	63	24	30
150x400	771		4	5		37	52	37		32	77	32	30
200x200	803	8	3	4	3	29	41	29	15	24	63	24	8
200x300	1041		4	5		37	52	37		32	77	32	10
200x400	1291		5	6		45	63	45		40	91	40	11
200x600	1547		6	7		53	74	53		48	91	48	16
3000	625	8	2	3	3	21	30	21	15	16	49	16	9
			3	4		29	41	29		24	63	24	14
			4	5		37	52	37		32	77	32	19
3000	1538	8	2	3	3	21	30	21	15	16	49	16	8
			4	5		29	41	29		24	63	24	12
			5	6		37	52	37		32	77	32	16
2100000	1628	8	3	4	3	29	41	29	15	24	63	24	6
2100400	2425		4	5		37	52	37		32	77	32	8
			5	6		45	63	45		40	91	40	10
			6	7		53	74	53		48	91	48	12
			7	8		61	85	61		56	104	56	14
3000	2230	8	4	5	3	37	52	37	15	32	77	32	9
			5	6		45	63	45		40	91	40	11
			6	7		53	74	53		48	91	48	14
3000	3036	8	3	4	3	29	41	29	15	24	63	24	5
			4	5		37	52	37		32	77	32	7
			5	6		45	63	45		40	91	40	9
			6	7		53	74	53		48	91	48	10
			7	8		61	85	61		56	104	56	12
3000400	2026	12	3	4	4	41	52	41	20	36	84	36	8
3000500	2187		4	5		53	75	53		48	100	48	10
3000600	2569		5	6		65	89	65		60	116	60	13
			6	7		77	105	77		72	132	72	15
3100400	3291	12	3	4	4	41	52	41	20	36	84	36	7
			4	5		53	75	53		48	100	48	9
			5	6		65	89	65		60	116	60	11
			6	7		77	105	77		72	132	72	13
			7	8		89	121	89		84	148	84	15
3400	3230	12	3	4	4	41	52	41	20	36	84	36	7
			4	5		53	75	53		48	100	48	10
			5	6		65	89	65		60	116	60	12
			6	7		77	105	77		72	132	72	15
4000000	4454	12	4	5	4	53	75	53	20	48	120	48	7
			5	6		65	89	65		60	116	60	9
			6	7		77	105	77		72	132	72	11
			7	8		89	121	89		84	148	84	12
			8	9		101	137	101		96	164	96	14
4000600	5738	12	4	5	4	53	75	53	20	48	120	48	7
			5	6		65	89	65		60	116	60	8
			6	7		77	105	77		72	132	72	10
			7	8		89	121	89		84	148	84	12
			8	9		101	137	101		96	164	96	13
3400	5304	12	3	4	4	41	52	41	20	36	84	36	7
			4	5		53	75	53		48	100	48	9
			5	6		65	89	65		60	116	60	11
			6	7		77	105	77		72	132	72	13
4100000	6991	12	4	5	4	53	75	53	20	48	120	48	6
			5	6		65	89	65		60	116	60	7
			6	7		77	105	77		72	132	72	8
			7	8		89	121	89		84	148	84	10
			8	9		101	137	101		96	164	96	11
			9	10		113	153	113		108	180	108	13

Figures provided as examples. Other sizes are available as a fraction of the requirements listed to a given application. Contact Freysheet.



53, besaran modulus geser 0.69, dan modulus bulk sebesar 2000 Mpa.

**Tabel 7.5** Sifat-sifat dari Elastomer  
(Sumber : BMS 1992)

Table 8.1 Elastomer Properties  
Tabel 8.1 Sifat-sifat Elastomer

Durometer Hardness Kekerasan Durometer IRHD $\pm 5$	Shear modulus G Modulus Geser MPa	Bulk Modulus Modulus Keseluruhan B MPa
53	0.69	2000
60	0.90	2000
70	1.20	2000

Berikut merupakan spesifikasi dari elastomer tersebut :

G : 0.69 Mpa                      B : 2000 MPa                      a : 600 mm  
b : 600 mm                      te : 16 mm                      ts : 5 mm  
t : 69 mm                      Ar : 360000 mm<sup>2</sup>                      n : 4 lapis  
Jumlah pelat baja : 5 buah

Dimana :

G = modulus geser  
B = modulus bulk  
a = lebar elastomer  
b = panjang elastomer  
te = tebal perlayer elastomer  
ts = tebal pelat baja  
t = tebal seluruh lapisan elastomer  
tsc = tebal lapisan samping  
Ar = luas elastomer  
n = jumlah lapisan karet

### 7.7.3.1. Kontrol Faktor Desain Elastomer

Berdasarkan peraturan BMS pasal 8.3.5 didapatkan persamaan :

$$S = \frac{Ar}{P \cdot te}$$

Dimana :

Ar = luas permukaan terikat

P = keliling permukaan

te = tebal lapisan karet elastomer

sehingga :

$$S = \frac{Ar}{P \cdot te} = \frac{36000}{2400 \cdot 16} = 4,34 \text{ syarat: } 4 \leq S \leq 12 \text{ OK}$$

### 7.7.3.2. Regangan Geser Tekan ( $\epsilon_{SC}$ )

$$\delta_a = \frac{Ha \cdot t}{Ar \cdot G} \qquad \delta_b = \frac{Hb \cdot t}{Ar \cdot G}$$

Dimana :

$\delta$  = Simpangan geser maksimum dalam arah dimensi akibat pergerakan struktur

Ar = Luas permukaan terikat

t = Tebal lapisab elastomer

G = Modulus geser

Sehingga :

$$\delta_a = \frac{83604,773 \cdot 16}{36000 \cdot 0,069} = 53,851 \text{ mm}$$

$$\delta_b = \frac{150448,59 \cdot 16}{36000 \cdot 0,069} = 96,933 \text{ mm}$$

Berdasarkan peraturan BMS pasal 8.4.6. untuk menghitung regangan geser harus menggunakan  $A_{eff}$  yaitu luasan efektif daerah perletakan.

$$A_{eff} = A \cdot \left[ 1 - \frac{\delta_a}{a} - \frac{\delta_b}{b} \right]$$

$$A_{eff} = 36000 \cdot \left[ 1 - \frac{53,851}{600} - \frac{96,933}{600} \right] = 269529,13 \text{ mm}^2$$

Sehingga :

$$\epsilon_c = \frac{V_{max}}{3 \cdot A_{eff} \cdot G \cdot (1 + 2\delta^2)}$$

$$\varepsilon_C = \frac{524562,5}{3.269529,13 \cdot 0,069 \cdot (1 + 2.4,34^2)} = 0,242$$

Maka :

$$\varepsilon_{SC} = 6 \cdot s \cdot \varepsilon_C = 6 \cdot 4,34 \cdot 0,242 = 6,32$$

### 7.7.3.3. Regangan Geser Torsi ( $\varepsilon_{SR}$ )

Dalam perencanaan elastomer ini dianggap gaya vertikal pada pusat luasan elastomer dan momoen = 0, sehingga berdasarkan BMS 8.3.6.3 didapatkan :

$$\alpha a = ab$$

$$\varepsilon_{SR} = 0$$

### 7.7.3.4. Regangan Geser Tangensial ( $\varepsilon_{SH}$ )

Untuk dostorsi tangensial dan agar ujung perletakan menggelinding semimum mungkin atas kecenderungan pelat baja melentur, maka berdasarkan peraturu BMS pasal 8.3.6.3., syarat yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut :

$$\varepsilon_{SH} = \frac{2 \cdot Aeff}{Ar} - 1,1$$

$$\varepsilon_{SH} = \frac{2.269529,13}{360000} - 1,1 = 0,397$$

Untuk menjamin bahwa regangan getar total yang berkembang tidak belebihan, maka menurut peraturan BMS pasal 8.3.6.1. :

$$\varepsilon_{SR} + \varepsilon_{SC} + \varepsilon_{SH} \leq \frac{2,6}{\sqrt{G}}$$

$$6,32 + 0 + 0,397 \leq \frac{2,6}{\sqrt{0,06}}$$

$$6,717 \leq 9,134$$

**OK**

### 7.7.3.5. Tegangan Rata-rata pada Elastomer

Dalam peraturan BMS pasal 8.3.6.2., disebutkan bahwa :

$$\frac{V_{max}}{A_r} \leq 15 \text{ Mpa}$$

Sehingga :

$$\frac{V_{max}}{A_r} \leq 15 \text{ Mpa}$$

$$\frac{524562,5}{36000} \leq 15 \text{ Mpa}$$

$$1,45 \text{ Kg/mm}^2 \leq 1,5 \text{ Kg/mm}^2$$

### 7.7.3.6. Persyaratan Stabilitas Elastomer

Berdasarkan peraturan BMS pasal 8.3.6.5. bahwa :

$$\frac{V_{max}}{A_{eff}} \leq \frac{2 \cdot b \cdot G \cdot s}{3 \cdot t}$$

Sehingga :

$$\frac{524562,5}{269529,13} \leq \frac{2 \cdot 600 \cdot 0,069 \cdot 4,34}{3 \cdot 16}$$

$$1,94 \text{ Kg/mm}^2 < 7,5 \text{ Kg/mm}^2$$

**OK**

### 7.7.3.7. Tebal Minimum Pelat Baja

Sesuai peraturan BMS pasal 8.3.6.6., tebal minimum pelat baja perletakan harus memenuhi syarat sebagai berikut :

$$t_s \geq \frac{3 \cdot V_{max} \cdot t_e}{A_r \cdot f_y}$$

Direncanakan pelat baja dengan tebal 5mm dan  $f_y = 250$  Mpa

$$30 \text{ mm} \geq \frac{3 \cdot 524562,5 \cdot 69}{36000 \cdot 250}$$

$$30 \text{ mm} \geq 12,064 \text{ mm}$$

**OK**

### 7.7.3.8. Persyaratan Penahan Perletakan

#### Kombinasi Beban

Menurut peraturan BMS pasal 8.3.6.7., Perletakan boleh ditahan dalam kedudukan hanya melalui gesekan, dengan syarat sebagai berikut:

$$H' \leq 0,1 (V_{max} + 3 \cdot A_{eff} \cdot 10^3)$$

Dimana :

H' = beban gempa horizontal terbesar = 150488,59 Kg

Sehingga :

$$150488,59 \text{ Kg} \leq 0,1 (524562,5 + 3 \cdot 269529,13 \cdot 10^3)$$

$$150488,59 \text{ Kg} \leq 80911197 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

Beban Permanen (Perletakan Laminasi)

$$\frac{V_{max}}{A_{eff}} \geq 2 \text{ Mpa}$$

Maka :

$$\frac{524562,5}{36000} \geq 2 \text{ Mpa}$$

$$1,45 \text{ Kg/mm}^2 \geq 0,2 \text{ Kg/mm}^2 \quad \text{OK}$$

Jadi, perletakan elastomer dengan tipe spesifikasi ukuran 600x600 mm dan tebal karet 69 mm dapat digunakan sebagai perletakan pada Jembatan Busur Baja Pemali.

### 7.8. Sambungan Las

Pada perencanaan Tugas Akhir ini sambungan las digunakan untuk menyambung antara pelat dan batang yang ditinjau. Berikut salah satu contoh kontrol perhitungan las pelat penyambung pada Tugas Akhir ini.

$$\text{Tebal plat} = 5 \text{ mm}$$

$$\text{Plat BJ 50, bahan las FE70xx}$$

$$t_e = 1 \text{ cm}$$

$$k_r = 1 \text{ (SNI T-03-2005)}$$

$$\text{tebal maksimum} = 5 \text{ mm}$$

$$A_g = 8,18 \text{ cm}^2$$

$$V_w = 0,6 \cdot f_{uw} \cdot t_e \cdot k_r \text{ (SNI T-03-2005)}$$

$$V_w = 0,6 \cdot 70 \cdot 70,3 \cdot 1 \cdot 1 = 2952,6 \text{ kg/cm}$$

$$P_u = 2502,84 \text{ kg/cm} < V_w = 2952,6 \text{ kg/cm} \quad \mathbf{OK}$$

Kontrol leleh plat :

$$R_u = \phi \cdot A_g \cdot f_y$$

$$= 0,9 \cdot 8,18 \cdot 2 \cdot 2900 = 42699,6 \text{ kg (menentukan)}$$

Kontrol putus plat :

$$V_u = \phi \cdot A_n \cdot f_u$$

$$= 0,75 \cdot 6,953 \cdot 2 \cdot 5000 = 52147,5 \text{ kg}$$

$$P_u = 41794,6 \text{ kg/cm} < V_u = 52147,5 \text{ kg/cm} \quad \mathbf{OK}$$

## **BAB VIII**

### **PERENCANAAN BANGUNAN BAWAH JEMBATAN**

#### **8.1. Analisa Data Tanah**

Pada tugas akhir ini diberikan data naha berupa hasil SPT (*Standard Penetration Test*) dan didapat data-data sebagai berikut :

**Tabel 8.1** Data Nilai NSPT

*(Sumber : Hasil Tes NSPT Tanah Larangan Kabupaten Brebes Titik Bor BH-1 oleh Laboraturium Mekanika Tanah Teknik Sipil Universitas Diponegoro)*

kedalaman (m)	nilai NSPT
2	2
3	3
6	5
8	9
10	12
12	10
14	18
16	20
18	27
20	27
22	28
24	29
26	33
28	37
30	42
32	>60

## **8.2. Daya Dukung Tanah**

Pada tugas akhir ini, perencanaan struktur bawah jembatan menggunakan rumusan Mayeerhof dan Bazara (1967). Serta untuk koreksi terhadap muka air tanah menggunakan rumusan Terzaghi dan Peck (1960). Berikut perhitungan daya dukung tanah pada struktur bawah Jembatan Pemali :



Tabel 8.2 Daya Dukung Tanah Jembatan Pemali D60

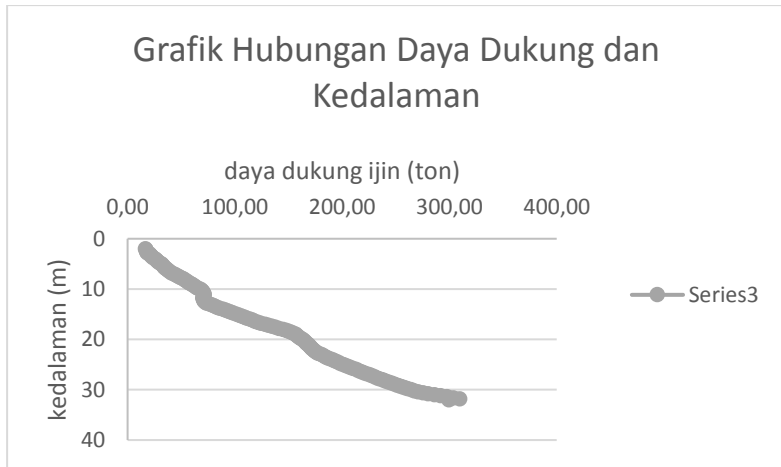
Depth. Increment		:	1		m		D		0,6 m										
jenis tanah	kedalaman	N lap	L/P	N<15sand 15+...	N<15sand 0,6 N	N<15sand	γ' (t/m3)	po (ton/m2)	N <sub>Corr</sub>	2N	N <sub>Corr</sub>	N <sub>ras2-ujung</sub>	Qu <sub>ujung</sub> (ton)	fsi (ton/m2)	Rsi (ton)	Σ Rsi (ton)	Qult = Qu <sub>ujung</sub> + Σ Rsi	Qijin = Qult/SF SF=3 ; (ton)	
	m																		
lanau berpasir	2	2 L		2	2	2	0,9754	0,98	5,75	4,00	4,00	4,00	45,24	2,00	4,80	4,80	50,04	16,68	
	2,2	2,1 L		2,1	2,1	2,1	0,9754	0,98	6,04	4,20	4,20	4,10	46,37	2,05	4,92	4,92	51,29	17,10	
	2,4	2,2 L		2,2	2,2	2,2	0,9754	0,98	6,33	4,40	4,40	4,20	47,50	2,10	5,04	5,04	52,54	17,51	
	2,6	2,3 L		2,3	2,3	2,3	0,9754	0,98	6,62	4,60	4,60	4,30	48,63	2,15	5,16	5,16	53,79	17,93	
	2,8	2,4 L		2,4	2,4	2,4	0,9754	0,98	6,91	4,80	4,80	4,40	49,76	2,20	5,28	5,28	55,04	18,35	
	3	2,5 L		2,5	2,5	2,5	0,9754	1,95	5,62	5,00	5,00	4,50	50,89	2,25	5,40	10,20	61,09	20,36	
	3,2	2,6 L		2,6	2,6	2,6	0,9754	1,95	5,84	5,20	5,20	4,70	53,16	2,35	5,64	10,56	63,72	21,24	
	3,4	2,7 L		2,7	2,7	2,7	0,9754	1,95	6,07	5,40	5,40	4,90	55,42	2,45	5,88	10,92	66,34	22,11	
	3,6	2,8 L		2,8	2,8	2,8	0,9754	1,95	6,29	5,60	5,60	5,10	57,68	2,55	6,12	11,28	68,96	22,99	
	3,8	2,9 L		2,9	2,9	2,9	0,9754	1,95	6,52	5,80	5,80	5,30	59,94	2,65	6,36	11,64	71,58	23,86	
	4	3 L		3	3	3	0,9754	2,93	5,53	6,00	5,53	5,42	61,32	2,71	6,51	16,71	78,02	26,01	
	4,2	3,2 L		3,2	3,2	3,2	0,9754	2,93	5,90	6,40	5,90	5,57	63,01	2,79	6,69	17,25	80,25	26,75	
	4,4	3,4 L		3,4	3,4	3,4	0,9754	2,93	6,27	6,80	6,27	5,75	65,02	2,87	6,90	17,82	82,83	27,61	
	4,6	3,6 L		3,6	3,6	3,6	0,9754	2,93	6,63	7,20	6,63	5,95	67,34	2,98	7,15	18,43	85,77	28,59	
lempung	4,8	3,8 L		3,8	3,8	3,8	0,9754	2,93	7,00	7,60	7,00	6,19	69,99	3,09	7,43	19,07	89,05	29,68	
	5	4 L		4	4	4	0,9754	3,90	6,25	8,00	6,25	6,26	70,83	3,13	7,52	24,22	95,05	31,68	
	5,2	4,2 L		4,2	4,2	4,2	1,0453	3,97	6,49	8,40	6,49	6,42	72,64	3,21	7,71	24,95	97,60	32,53	
	5,4	4,4 L		4,4	4,4	4,4	1,0453	3,97	6,80	8,80	6,80	6,57	74,34	3,29	7,89	25,71	100,05	33,35	
	5,6	4,6 L		4,6	4,6	4,6	1,0453	3,97	7,11	9,20	7,11	6,71	75,93	3,36	8,06	26,48	102,41	34,14	
	5,8	4,8 L		4,8	4,8	4,8	1,0453	3,97	7,42	9,60	7,42	6,84	77,41	3,42	8,21	27,28	104,69	34,90	
	6	5 L		5	5	5	1,0453	4,95	6,71	10,00	6,71	6,80	76,86	3,40	8,16	32,38	109,24	36,41	
	6,2	5,4 L		5,4	5,4	5,4	1,0453	5,02	7,18	10,80	7,18	6,95	78,63	3,48	8,34	33,30	111,92	37,31	
	6,4	5,8 L		5,8	5,8	5,8	1,0453	5,02	7,72	11,60	7,72	7,16	80,94	3,58	8,59	34,29	115,23	38,41	
	6,6	6,2 L		6,2	6,2	6,2	1,0453	5,02	8,25	12,40	8,25	7,40	83,67	3,70	8,88	35,36	119,03	39,68	
	6,8	6,6 L		6,6	6,6	6,6	1,0453	5,02	8,78	13,20	8,78	7,68	86,82	3,84	9,21	36,49	123,31	41,10	
	7	7 L		7	7	7	1,0453	5,99	8,24	14,00	8,24	7,81	88,38	3,91	9,38	41,75	130,13	43,38	

lempung kepasiran	7,2	7,4	L	7,4	7,4	7,4	1,0453	6,06	8,64	14,80	8,64	8,14	92,01	4,07	9,76	43,06	135,07	45,02
	7,4	7,8	L	7,8	7,8	7,8	1,0453	6,06	9,11	15,60	9,11	8,46	95,64	4,23	10,15	44,44	140,09	46,70
	7,6	8,2	L	8,2	8,2	8,2	1,0453	6,06	9,58	16,40	9,58	8,77	99,15	4,38	10,52	45,88	145,03	48,34
	7,8	8,6	L	8,6	8,6	8,6	1,0453	6,06	10,04	17,20	10,04	9,07	102,54	4,53	10,88	47,37	149,91	49,97
lempung	8	9	L	9	9	9	1,0453	7,04	9,44	18,00	9,44	9,18	103,77	4,59	11,01	52,76	156,54	52,18
	8,2	9,3	L	9,3	9,3	9,3	1,0453	7,11	9,68	18,60	9,68	9,42	106,48	4,71	11,30	54,36	160,84	53,61
	8,4	9,6	L	9,6	9,6	9,6	1,0453	7,11	9,99	19,20	9,99	9,64	109,03	4,82	11,57	56,01	165,04	55,01
	8,6	9,9	L	9,9	9,9	9,9	1,0453	7,11	10,30	19,80	10,30	9,84	111,28	4,92	11,81	57,69	168,96	56,32
	8,8	10,2	L	10,2	10,2	10,2	1,0453	7,11	10,62	20,40	10,62	10,01	113,24	5,01	12,01	59,39	172,62	57,54
	9	10,5	L	10,5	10,5	10,5	1,0453	8,08	10,35	21,00	10,35	10,06	113,81	5,03	12,08	64,84	178,65	59,55
	9,2	10,8	L	10,8	10,8	10,8	1,0453	8,15	10,63	21,60	10,63	10,26	116,06	5,13	12,31	66,67	182,73	60,91
	9,4	11,1	L	11,1	11,1	11,1	1,0453	8,15	10,92	22,20	10,92	10,47	118,40	5,23	12,56	68,57	186,97	62,32
	9,6	11,4	L	11,4	11,4	11,4	1,0453	8,15	11,22	22,80	11,22	10,67	120,70	5,34	12,81	70,49	191,20	63,73
	9,8	11,7	L	11,7	11,7	11,7	1,0453	8,15	11,51	23,40	11,51	10,87	122,98	5,44	13,05	72,43	195,42	65,14
	10	12	L	12	12	12	1,0453	9,13	11,53	24,00	11,53	11,03	124,70	5,51	13,23	78,07	202,78	67,59
	10,2	11,8	L	11,8	11,8	11,8	1,2878	9,44	11,25	23,60	11,25	11,18	126,41	5,59	13,41	80,08	206,49	68,83
	10,4	11,6	L	11,6	11,6	11,6	1,2878	9,44	11,06	23,20	11,06	11,25	127,23	5,62	13,50	82,07	209,30	69,77
	10,6	11,4	L	11,4	11,4	11,4	1,2878	9,44	10,87	22,80	10,87	11,24	127,14	5,62	13,49	83,98	211,12	70,37
	10,8	11,2	L	11,2	11,2	11,2	1,2878	9,44	10,68	22,40	10,68	11,15	126,13	5,58	13,38	85,82	211,95	70,65
	11	11	L	11	11	11	1,2878	10,42	10,25	22,00	10,25	10,94	123,76	5,47	13,13	91,20	214,96	71,65
	11,2	10,8	L	10,8	10,8	10,8	1,2878	10,73	9,99	21,60	9,99	10,69	120,86	5,34	12,82	92,91	213,77	71,26
	11,4	10,6	L	10,6	10,6	10,6	1,2878	10,73	9,81	21,20	9,81	10,45	118,13	5,22	12,53	94,61	212,74	70,91
	11,6	10,4	L	10,4	10,4	10,4	1,2878	10,73	9,62	20,80	9,62	10,21	115,42	5,10	12,25	96,23	211,65	70,55
	11,8	10,2	L	10,2	10,2	10,2	1,2878	10,73	9,44	20,40	9,44	9,97	112,72	4,98	11,96	97,78	210,49	70,16
	12	10	L	10,00	10,00	10,00	1,2878	11,70	9,05	20,00	9,05	9,69	109,64	4,85	11,63	102,84	212,47	70,82
	12,2	10,53	L	10,53	10,53	10,53	1,2878	12,02	9,46	21,07	9,46	9,56	108,15	4,78	11,48	104,38	212,54	70,85
	12,4	11,07	L	11,07	11,07	11,07	1,2878	12,02	9,94	22,13	9,94	9,55	108,06	4,78	11,47	106,07	214,13	71,38
	12,6	11,60	L	11,60	11,60	11,60	1,2878	12,02	10,42	23,20	10,42	9,66	109,22	4,83	11,59	107,82	217,04	72,35
	12,8	12,13	L	12,13	12,13	12,13	1,2878	12,02	10,90	24,27	10,90	9,87	111,63	4,94	11,84	109,62	221,25	73,75
	13	12,67	L	12,67	12,67	12,67	1,2878	12,99	11,14	25,33	11,14	10,15	114,83	5,08	12,18	115,02	229,85	76,62

pasir kelempu ngan	13,2	13,20	L		13,20	13,20	13,20	1,2878	13,30	11,53	26,40	11,53	10,57	119,50	5,28	12,68	117,06	236,57	78,86
	13,4	13,73	L		13,73	13,73	13,73	1,2878	13,30	11,99	27,47	11,99	10,99	124,27	5,49	13,19	119,26	243,53	81,18
	13,6	14,27	L		14,27	14,27	14,27	1,2878	13,30	12,46	28,53	12,46	11,41	129,01	5,70	13,69	121,51	250,52	83,51
	13,8	14,80	L		14,80	14,80	14,80	1,2878	13,30	12,92	29,60	12,92	11,82	133,73	5,91	14,19	123,81	257,54	85,85
	14	15,33	L		15,33	15,33	15,33	1,2878	14,28	13,11	30,67	13,11	12,19	137,89	6,10	14,63	129,65	267,54	89,18
	14,2	15,87	L		15,87	15,87	15,87	1,2878	14,59	13,48	31,73	13,48	12,58	142,30	6,29	15,10	132,16	274,46	91,49
	14,4	16,40	L		16,40	16,40	16,40	1,2878	14,59	13,93	32,80	13,93	12,98	146,83	6,49	15,58	134,84	281,67	93,89
	14,6	16,93	L		16,93	16,93	16,93	1,2878	14,59	14,38	33,87	14,38	13,38	151,33	6,69	16,06	137,56	288,90	96,30
	14,8	17,47	L		17,47	17,47	17,47	1,2878	14,59	14,84	34,93	14,84	13,78	155,82	6,89	16,53	140,34	296,16	98,72
	15	18	L		18,00	18,00	18,00	1,2878	15,57	14,98	36,00	14,98	14,12	159,69	7,06	16,94	146,59	306,28	102,09
	15,2	18,40	L		18,4	18,4	18,4	1,19	15,78	15,24	36,80	15,24	14,47	163,71	7,24	17,37	149,53	313,24	104,41
	15,4	18,80	L		18,8	18,8	18,8	1,19	15,78	15,57	37,60	15,57	14,82	167,66	7,41	17,79	152,63	320,29	106,76
	15,6	19,20	L		19,2	19,2	19,2	1,19	15,78	15,91	38,40	15,91	15,15	171,38	7,58	18,18	155,75	327,13	109,04
	15,8	19,60	L		19,6	19,6	19,6	1,19	15,78	16,24	39,20	16,24	15,46	174,88	7,73	18,56	158,90	333,77	111,26
	16	20	L		20	20	20	1,19	16,76	16,24	40,00	16,24	15,70	177,52	7,85	18,84	165,43	342,95	114,32
	16,2	20,70	L		20,7	20,7	20,7	1,19	16,98	16,73	41,40	16,73	15,99	180,83	7,99	19,19	168,72	349,55	116,52
lempung	16,4	21,40	L		21,4	21,4	21,4	1,19	16,98	17,30	42,80	17,30	16,33	184,71	8,17	19,60	172,22	356,94	118,98
	16,6	22,10	L		22,1	22,1	22,1	1,19	16,98	17,87	44,20	17,87	16,71	189,03	8,36	20,06	175,81	364,84	121,61
	16,8	22,80	L		22,8	22,8	22,8	1,19	16,98	18,43	45,60	18,43	17,14	193,80	8,57	20,56	179,46	373,26	124,42
	17	23,50	L		23,5	23,5	23,5	1,19	17,95	18,63	47,00	18,63	17,53	198,31	8,77	21,04	186,47	384,78	128,26
	17,2	24,20	L		24,2	24,2	24,2	1,19	18,17	19,10	48,40	19,10	18,01	203,71	9,01	21,61	190,33	394,04	131,35
	17,4	24,90	L		24,9	24,9	24,9	1,19	18,17	19,66	49,80	19,66	18,50	209,21	9,25	22,20	194,42	403,64	134,55
	17,6	25,60	L		25,6	25,6	25,6	1,19	18,17	20,21	51,20	20,21	18,98	214,69	9,49	22,78	198,59	413,28	137,76
	17,8	26,30	L		26,3	26,3	26,3	1,19	18,17	20,76	52,60	20,76	19,47	220,15	9,73	23,36	202,82	422,97	140,99
	18	27	L		27	27	27	1,19	19,15	20,91	54,00	20,91	19,88	224,82	9,94	23,85	210,33	435,15	145,05
	18,2	27,00	L		27	27	27	1,19	19,36	20,82	54,00	20,82	20,24	228,96	10,12	24,29	214,62	443,58	147,86
	18,4	27,00	L		27	27	27	1,19	19,36	20,82	54,00	20,82	20,53	232,20	10,27	24,64	219,06	451,26	150,42
	18,6	27,00	L		27	27	27	1,19	19,36	20,82	54,00	20,82	20,73	234,40	10,36	24,87	223,46	457,85	152,62
	18,8	27,00	L		27	27	27	1,19	19,36	20,82	54,00	20,82	20,83	235,56	10,41	24,99	227,81	463,37	154,46
	19	27,00	L		27	27	27	1,19	20,34	20,44	54,00	20,44	20,77	234,95	10,39	24,93	235,25	470,21	156,74
	19,2	27,00	L		27	27	27	1,19	20,56	20,36	54,00	20,36	20,68	233,90	10,34	24,82	239,44	473,34	157,78
	19,4	27,00	L		27	27	27	1,19	20,56	20,36	54,00	20,36	20,60	233,02	10,30	24,72	243,78	476,80	158,93
	19,6	27,00	L		27	27	27	1,19	20,56	20,36	54,00	20,36	20,53	232,14	10,26	24,63	248,09	480,22	160,07
	19,8	27,00	L		27	27	27	1,19	20,56	20,36	54,00	20,36	20,45	231,25	10,22	24,54	252,35	483,60	161,20
	20	27	L		27	27	27	1,19	21,53	19,99	54,00	19,99	20,31	229,68	10,15	24,37	259,62	489,30	163,10

lempung kelanauan	20,2	26,90	L		26,9	26,9	26,9	1,25	21,81	19,81	53,80	19,81	20,20	228,50	10,10	24,24	263,69	492,18	164,06
	20,4	26,80	L		26,8	26,8	26,8	1,25	21,81	19,74	53,60	19,74	20,10	227,34	10,05	24,12	267,91	495,24	165,08
	20,6	26,70	L		26,7	26,7	26,7	1,25	21,81	19,67	53,40	19,67	19,99	226,03	9,99	23,98	272,07	498,10	166,03
	20,8	26,60	L		26,6	26,6	26,6	1,25	21,81	19,59	53,20	19,59	19,86	224,59	9,93	23,83	276,18	500,77	166,92
	21	26,50	L		26,5	26,5	26,5	1,25	22,79	19,17	53,00	19,17	19,66	222,37	9,83	23,59	283,22	505,58	168,53
	21,2	26,40	L		26,4	26,4	26,4	1,25	23,06	19,01	52,80	19,01	19,50	220,51	9,75	23,40	287,08	507,60	169,20
	21,4	26,30	L		26,3	26,3	26,3	1,25	23,06	18,93	52,60	18,93	19,35	218,86	9,68	23,22	291,13	509,99	170,00
	21,6	26,20	L		26,2	26,2	26,2	1,25	23,06	18,86	52,40	18,86	19,21	217,21	9,60	23,05	295,12	512,32	170,77
	21,8	26,10	L		26,1	26,1	26,1	1,25	23,06	18,79	52,20	18,79	19,06	215,56	9,53	22,87	299,05	514,61	171,54
	22	26	L		26	26	26	1,25	24,04	18,39	52,00	18,39	18,86	213,30	9,43	22,63	305,85	519,15	173,05
	22,2	26,30	L		26,3	26,3	26,3	1,25	24,31	18,52	52,60	18,52	18,75	212,06	9,38	22,50	309,58	521,65	173,88
	22,4	26,60	L		26,6	26,6	26,6	1,25	24,31	18,73	53,20	18,73	18,70	211,54	9,35	22,44	313,57	525,11	175,04
	22,6	26,90	L		26,9	26,9	26,9	1,25	24,31	18,94	53,80	18,94	18,70	211,55	9,35	22,45	317,56	529,11	176,37
	22,8	27,20	L		27,2	27,2	27,2	1,25	24,31	19,15	54,40	19,15	18,75	212,09	9,38	22,50	321,55	533,64	177,88
	23	27,50	L		27,5	27,5	27,5	1,25	25,29	19,03	55,00	19,03	18,79	212,55	9,40	22,55	328,40	540,95	180,32
	23,2	27,80	L		27,8	27,8	27,8	1,25	25,57	19,15	55,60	19,15	18,92	213,98	9,46	22,70	332,29	546,26	182,09
	23,4	28,10	L		28,1	28,1	28,1	1,25	25,57	19,36	56,20	19,36	19,06	215,56	9,53	22,87	336,44	552,00	184,00
	23,6	28,40	L		28,4	28,4	28,4	1,25	25,57	19,56	56,80	19,56	19,20	217,14	9,60	23,04	340,60	557,74	185,91
	23,8	28,70	L		28,7	28,7	28,7	1,25	25,57	19,77	57,40	19,77	19,34	218,70	9,67	23,21	344,76	563,46	187,82
	24	29	L		29	29	29	1,25	26,54	19,65	58,00	19,65	19,42	219,64	9,71	23,30	351,71	571,35	190,45
	24,2	29,40	L		29,4	29,4	29,4	1,25	26,82	19,82	58,80	19,82	19,55	221,13	9,78	23,46	355,75	576,88	192,29
	24,4	29,80	L		29,8	29,8	29,8	1,25	26,82	20,09	59,60	20,09	19,71	222,91	9,85	23,65	360,09	583,01	194,34
	24,6	30,20	L		30,2	30,2	30,2	1,25	26,82	20,36	60,40	20,36	19,88	224,81	9,94	23,85	364,45	589,26	196,42
	24,8	30,60	L		30,6	30,6	30,6	1,25	26,82	20,63	61,20	20,63	20,06	226,83	10,03	24,07	368,83	595,65	198,55
	25	31,00	L		31	31	31	1,25	27,79	20,57	62,00	20,57	20,19	228,33	10,09	24,23	375,93	604,26	201,42
	25,2	31,40	L		31,4	31,4	31,4	1,30	28,12	20,72	62,80	20,72	20,37	230,35	10,18	24,44	380,19	610,54	203,51
	25,4	31,80	L		31,8	31,8	31,8	1,30	28,12	20,98	63,60	20,98	20,56	232,53	10,28	24,67	384,77	617,30	205,77
	25,6	32,20	L		32,2	32,2	32,2	1,30	28,12	21,25	64,40	21,25	20,75	234,70	10,38	24,90	389,36	624,06	208,02
	25,8	32,60	L		32,6	32,6	32,6	1,30	28,12	21,51	65,20	21,51	20,94	236,87	10,47	25,13	393,96	630,82	210,27
	26	33	L		33	33	33	1,30	29,09	21,43	66,00	21,43	21,08	238,37	10,54	25,29	401,22	639,59	213,20
lempung kepasiran	26,2	33,40	L		33,4	33,4	33,4	1,30	29,42	21,58	66,80	21,58	21,24	240,27	10,62	25,49	405,68	645,96	215,32
	26,4	33,80	L		33,8	33,8	33,8	1,30	29,42	21,83	67,60	21,83	21,43	242,38	10,72	25,72	410,48	652,86	217,62
	26,6	34,20	L		34,2	34,2	34,2	1,30	29,42	22,09	68,40	22,09	21,62	244,47	10,81	25,94	415,30	659,76	219,92
	26,8	34,60	L		34,6	34,6	34,6	1,30	29,42	22,35	69,20	22,35	21,80	246,55	10,90	26,16	420,12	666,67	222,22
	27	35,00	L		35	35	35	1,30	30,39	22,26	70,00	22,26	21,92	247,96	10,96	26,31	427,53	675,49	225,16

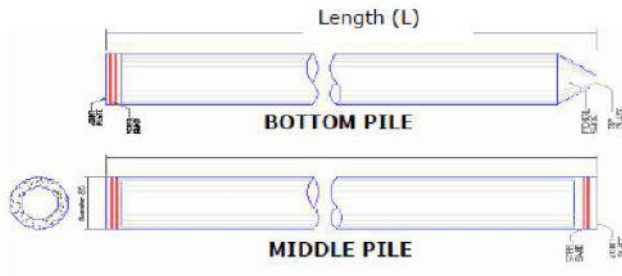
lempung kelanauan	27,2	35,40	L	35,4	35,4	35,4	1,30	30,72	22,40	70,80	22,40	22,09	249,78	11,04	26,50	432,19	681,97	227,32
	27,4	35,80	L	35,8	35,8	35,8	1,30	30,72	22,65	71,60	22,65	22,26	251,81	11,13	26,72	437,20	689,01	229,67
	27,6	36,20	L	36,2	36,2	36,2	1,30	30,72	22,90	72,40	22,90	22,44	253,83	11,22	26,93	442,23	696,05	232,02
	27,8	36,60	L	36,6	36,6	36,6	1,30	30,72	23,16	73,20	23,16	22,62	255,83	11,31	27,14	447,26	703,09	234,36
	28	37	L	37	37	37	1,30	31,69	23,05	74,00	23,05	22,74	257,16	11,37	27,29	454,82	711,98	237,33
	28,2	37,50	L	37,5	37,5	37,5	1,30	32,02	23,25	75,00	23,25	22,90	259,02	11,45	27,48	459,67	718,69	239,56
	28,4	38,00	L	38	38	38	1,30	32,02	23,56	76,00	23,56	23,10	261,21	11,55	27,72	464,92	726,13	242,04
	28,6	38,50	L	38,5	38,5	38,5	1,30	32,02	23,87	77,00	23,87	23,30	263,50	11,65	27,96	470,19	733,69	244,56
	28,8	39,00	L	39	39	39	1,30	32,02	24,18	78,00	24,18	23,51	265,91	11,76	28,21	475,48	741,38	247,13
	29	39,50	L	39,5	39,5	39,5	1,30	32,99	24,12	79,00	24,12	23,67	267,73	11,84	28,41	483,23	750,95	250,32
	29,2	40,00	L	40	40	40	1,30	33,32	24,31	80,00	24,31	23,88	270,09	11,94	28,66	488,33	758,42	252,81
	29,4	40,50	L	40,5	40,5	40,5	1,30	33,32	24,61	81,00	24,61	24,11	272,66	12,05	28,93	493,85	766,51	255,50
	29,6	41,00	L	41	41	41	1,30	33,32	24,92	82,00	24,92	24,34	275,22	12,17	29,20	499,39	774,61	258,20
	29,8	41,50	L	41,5	41,5	41,5	1,30	33,32	25,22	83,00	25,22	24,56	277,77	12,28	29,47	504,95	782,72	260,91
	30	42	L	42	42	42	1,30	34,29	25,15	84,00	25,15	24,72	279,61	12,36	29,67	512,89	792,50	264,17
lempung kelanauan	30,2	43,80	L	43,8	43,8	43,8	1,51	34,83	26,02	87,60	26,02	25,04	283,18	12,52	30,05	518,37	801,55	267,18
	30,4	45,60	L	45,6	45,6	45,6	1,51	34,83	27,09	91,20	27,09	25,50	288,42	12,75	30,60	524,45	812,87	270,96
	30,6	47,40	L	47,4	47,4	47,4	1,51	34,83	28,16	94,80	28,16	26,09	295,10	13,05	31,31	530,70	825,80	275,27
	30,8	49,20	L	49,2	49,2	49,2	1,51	34,83	29,23	98,40	29,23	26,81	303,23	13,41	32,17	537,12	840,35	280,12
	31	51,00	L	51	51	51	1,51	35,81	29,86	102,00	29,86	27,59	311,99	13,79	33,10	546,00	857,98	285,99
	31,2	52,80	L	52,8	52,8	52,8	1,51	36,35	30,68	105,60	30,68	28,51	322,40	14,25	34,21	552,58	874,98	291,66
	31,4	54,60	L	54,6	54,6	54,6	1,51	36,35	31,72	109,20	31,72	29,46	333,15	14,73	35,35	559,80	892,95	297,65
	31,6	56,40	L	56,4	56,4	56,4	1,51	36,35	32,77	112,80	32,77	30,40	343,86	15,20	36,48	567,18	911,04	303,68
	31,8	58,20	L	58,2	58,2	58,2	1,51	36,35	33,81	116,40	33,81	31,35	354,52	15,67	37,62	574,74	929,26	309,75
	32	60	P	37,5	36	36	1,51	37,32	20,62	72,00	20,62	29,91	338,30	5,98	14,36	560,35	898,65	299,55

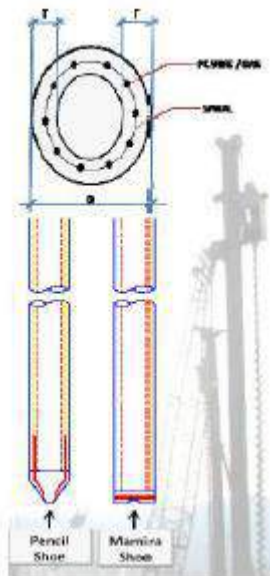


**Gambar 8.1** Grafik Daya Dukung Tanah untuk Pondasi Dalam

### 8.3. Tiang Pancang

setelah mendapatkan daya dukung tanah kemudian menghitung daya dukung pondasi dari struktur bangunan bawah jembatan. kemampuan material tiang pancang dapat dilihat pada **Gambar 8.2** dibawah ini.





**Gambar 8.2** *Section Properties* dari Tiang Pancang  
(Sumber : PT. Wijaya Karya Beton)

**Tabel 8.3** Klasifikasi dari Tiang Pancang PT. Wika Beton  
(Sumber : PT. Wijaya Karya Beton)

Outside Diameter D (mm)	Wall Thickness T (mm)	Class	Concrete Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Unit Weight (kg/m)	Length L (M)	Bending Moment		Allowable Axial Load (Ton)
						Crack (Ton.m)	Ultimate (Ton.m)	
300	60	A2	452	113	6 - 13	2.50	3.75	72.60
		A3				3.00	4.50	70.75
		B				3.50	6.30	67.50
		C				4.00	8.00	65.40
350	65	A1	582	145	6 - 15	3.50	5.25	93.10
		A3				4.20	6.30	89.50
		B				5.00	9.00	86.40
		C				6.00	12.00	85.00
400	75	A2	766	191	6 - 16	5.50	8.25	121.10
		A3				6.50	9.75	117.60
		B				7.50	13.50	114.40
		C				9.00	18.00	111.50
450	80	A1	930	232	6 - 16	7.50	11.25	149.50
		A2				8.50	12.75	145.80
		A3				10.00	15.00	143.80
		B				11.00	19.80	139.10
500	90	A1	1159	290	6 - 16	12.50	15.75	185.30
		A2				12.50	18.75	181.70
		A3				14.00	21.00	178.20
		B				15.00	27.00	174.90
600	100	A1	1571	393	6 - 16	17.00	25.50	252.70
		A2				19.00	28.50	249.00
		A3				22.00	33.00	243.20
		B				25.00	45.00	238.30
800	120	A1	2564	641	6 - 24	29.00	58.00	229.50
		A2				40.70	63.60	415.00
		A3				46.20	84.40	406.20
		B				51.00	97.80	398.20
1000	140	A1	3872	966	6 - 24	55.70	108.20	390.80
		A2				70.80	129.80	367.60
		A3				75.00	117.90	614.00
		B				82.30	139.80	604.80
1200	150	A1	4948	1237	6 - 24	98.30	170.90	590.60
		A2				105.70	199.70	575.00
		A3				123.60	229.90	552.90
		B				120.00	180.00	802.40
1200	150	A1	4948	1237	6 - 24	130.00	195.00	794.00
		A2				145.00	217.50	778.10
		A3				170.00	306.00	751.50
		C				200.00	400.00	721.10

Berikut perhitungan dari tiang pancang tersebut yaitu sebagai contoh untuk tiang pancang diameter 60 cm kelas C, kita dapatkan besaran material sebagai berikut :

- Momen Cracking = 29 tm



- Momen Ultimate = 58 tm
- Allowable Axial Load = 229.5 t
- Nominal Weight = 393 Kg/m

## 8.4. Pembebanan Struktur Bangunan Bawah Jembatan

### 8.4.1. Beban Akibat Kombinasi Pembebanan

pada SAP2000 didapatkan berat total keseluruhan dengan kombinasi pembebanan sesuai SNI 1725-2016 dengan output sebagai berikut :

**Tabel 8.4** Kombinasi Pembebanan pada *Abutment*

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
KUAT I	Combinat	Max	3,49E-07	9,2E-09	1812125

reaksi pada perletakan :  $1812125 : 2 = 906062.6 \text{ Kg}$

### 8.4.2. Beban Gesekan

Sesuai hasil SAP2000 beban gesekan pada tumpuan (bergerak horizontal dan longitudinal pada perletakan). Didapat hasil output sebagai berikut :

**Tabel 8.5** Kombinasi Beban Gesekan

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
KUAT I	Combinat	Max	3,49E-07	9,2E-09	1812125

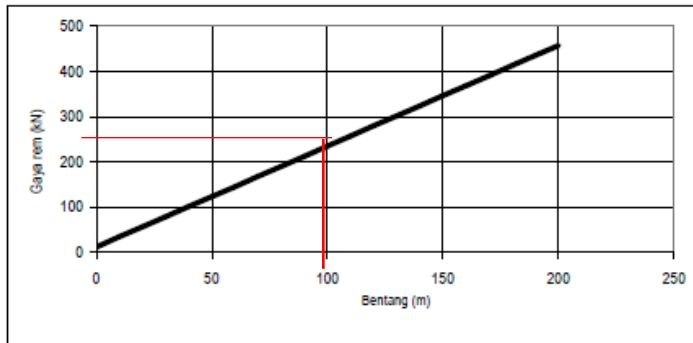
$$H_L = 15\% \times \text{beban akibat beban mati beban hidup}$$

$$= 0.15 \times 1812125$$

$$= 271818.75 \text{ Kg}$$

#### 8.4.3. Beban Rem

Beban rem yang bekerja dapat dicari menggunakan grafik pada **Gambar 8.5**



**Gambar 9** Gaya rem per lajur 2,75 m (KBU)

#### **Gambar 8.3** Grafik Gaya Rem yang Bekerja

Dengan panjang bentang jembatan yang mencapai 100 meter, maka berdasarkan grafik diatas didapatkan besarnya gaya rem yaitu 225 kN. Maka didapat beban rem di perletakan akibat gaya rem yaitu:

$$\begin{aligned} R_m &= \frac{1}{2} \times \text{beban rem} \\ &= \frac{1}{2} \times 230 \text{ kN} \\ &= 115 \text{ kN} \end{aligned}$$

#### 8.4.4. Beban Gempa

Perhitungan beban gempa bangunan bawah Jembatan Busur Soekarno Hatta Malang ini mengacu kepada peraturan SNI T-02-2005 pasal 7.7 tentang Pengaruh

Gempa. Beban rencana gempa minimum diperoleh dari rumus sebagai berikut:

$$TEQ = K_h \times I \times W_P$$

Dimana:

$$K_h = C \times S$$

Dengan pengertian:

TEQ = Gaya geser dasar total dalam arah yang ditinjau

$K_h$  = Koefisien beban gempa horizontal

C = koefisien geser dasar

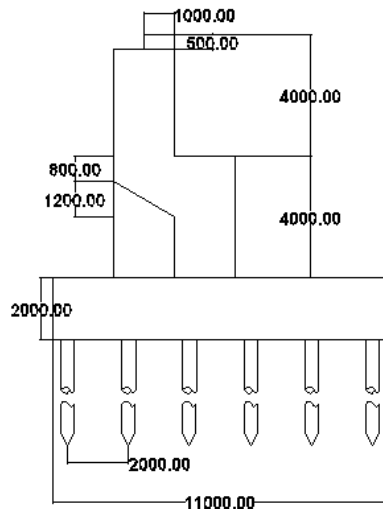
I = faktor kepentingan

S = faktor tipe bangunan

$W_{TP}$  = berat nominal bangunan

## 8.5. Perhitungan Gaya Geser Dasar ( $T_{EQ}$ )

### 8.5.1. Desain *Abutment* Jembatan



**Gambar 8.4** Desain *Abutment* Jembatan Pemali

Luas *abutment*

$$A_1 = 0,5 \cdot 1 = 0,5 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 2 \cdot 4 = 8 \text{ m}^2$$

$$A_3 = 2 \cdot 0,8 = 1,6 \text{ m}^2$$

$$A_4 = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 1,2 = 1,2 \text{ m}^2$$

$$A_5 = 4 \cdot 2 = 8 \text{ m}^2$$

$$A_6 = 2 \cdot 11 = 22 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{total}} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 = 41,3 \text{ m}^2$$

Mencari garis netral *abutment* :

$$Y_b = \frac{(0,5 \cdot 11,75) + (8 \cdot 9,5) + (1,6 \cdot 7,1) + (1,2 \cdot 5,9) + (8 \cdot 4,75) + (22 \cdot 1)}{41,3}$$

$$= 3,88 \text{ m dari bawah}$$

$$Y_a = 10,5 - 3,88 = 6,618 \text{ m dari atas}$$

$$Y_x = \frac{(0,5 \cdot 4,5) + (8 \cdot 4) + (1,6 \cdot 4) + \left(1,2 \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot 2\right)\right) + (8 \cdot 5,5) + (22 \cdot 5,5)}{41,3}$$

$$= 5,018 \text{ m dari kiri}$$

$$Y_y = 11 - 5,018 = 5,982 \text{ m}$$

**Tabel 8.6** Reaksi di Perletakan akibat Beban Mati

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
Mati Total	Combinat	2E-07	4,321E-09	1269514

$$W_{TP} = W_{\text{Total}} + W_{1 \text{ pilar}} \cdot 0,5$$

$$= 1269514 + 0,5 \cdot 11 \cdot 11 \cdot 2 \cdot 2400 = 1559913,9 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 E &= 4700\sqrt{f'c} \\
 &= 4700\sqrt{40} = 29725,41 \text{ MPa} = 2972541001 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

### 8.5.2. Perhitungan Gaya Geser Total Arah Melintang

$$\begin{aligned}
 I_y &= \frac{1}{12}hb^3 + Ad^2 \\
 &= \frac{1}{12} \cdot 0,5 \cdot 1^3 + 0,5 \cdot 6,368^2 + \frac{1}{12} \cdot 4 \cdot 2^3 + 8 \cdot 4,118^2 + \\
 &\quad \frac{1}{12} \cdot 0,8 \cdot 2^3 + 1,6 \cdot 1,718^2 + \frac{1}{12} \cdot 1,2 \cdot 2^3 + 1,2 \cdot 0,92^2 + \\
 &\quad \frac{1}{12} \cdot 4 \cdot 2^3 + 8 \cdot 0,118^2 + \frac{1}{12} \cdot 2 \cdot 11^3 + 22 \cdot 2,88^2 \\
 &= 573,04 \text{ m}^4
 \end{aligned}$$

$$K_p = \frac{3 \cdot E \cdot I_y}{L} = \frac{3 \cdot 2972541001 \cdot 573,04}{11^3} = 3839358783 \text{ kg/m}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{WTP}{g \cdot K_p}} = 2\pi \sqrt{\frac{1558813,9}{9,81 \cdot 3839358783}} = 0,04 \text{ detik}$$

$$\begin{aligned}
 T_{eq} &= C \cdot s \cdot I \cdot WTP \\
 &= 0,18 \cdot 1,05 \cdot 1,2 \cdot 1558813,9 = 353788,5 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$R_{teqy} = \frac{353788,5}{2} = 176894,236 \text{ Kg}$$

### 8.5.3. Perhitungan Gaya Geser Total Arah Memanjang

$$\begin{aligned}
 I_x &= \frac{1}{12}bh^3 + Ad^2 \\
 &= \frac{1}{12} \cdot 1 \cdot 0,5^3 + 0,5 \cdot 1,018^2 + \frac{1}{12} \cdot 2 \cdot 4^3 + 8 \cdot 1,518^2 + \\
 &\quad \frac{1}{12} \cdot 2 \cdot 0,8^3 + 1,6 \cdot 1,518^2 + \frac{1}{36} \cdot 2 \cdot 1,2^3 + \\
 &\quad 1,2 \cdot 1,185^2 + \frac{1}{12} \cdot 2 \cdot 4^3 + 8 \cdot 0,482^2
 \end{aligned}$$

$$+ \frac{1}{12} \cdot 11 \cdot 2^3 + 22 \cdot 0482^2$$

$$= 60,153 \text{ m}^4$$

$$K_p = \frac{3 \cdot E \cdot I_y}{L} = \frac{3 \cdot 2972541001 \cdot 60,153}{11^3} = 403018842 \text{ kg/m}$$

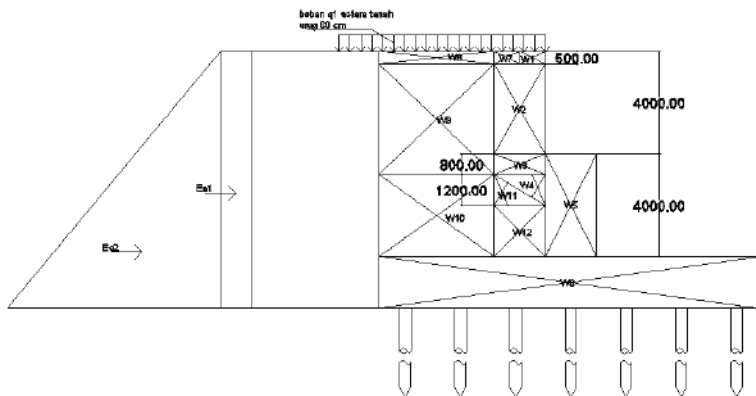
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{WTP}{g \cdot K_p}} = 2\pi \sqrt{\frac{1558813,9}{9,81 \cdot 403018842}} = 0,12 \text{ detik}$$

$$\begin{aligned} T_{eq} &= C \cdot s \cdot I \cdot WTP \\ &= 0,18 \cdot 1,05 \cdot 1,2 \cdot 1558813,9 = 353788,5 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$R_{teqx} = \frac{353788,5}{2} = 176894,236 \text{ Kg}$$

#### 8.5.4. Beban Tekanan Tanah Aktif

Gaya yang diakibatkan oleh tanah dapat membuat geser pada struktur bangunan bawah jembatan. Gaya aktif tanah yang bekerja dapat dilihat pada **Gambar 8.5**.



**Gambar 8.5** Tekanan Tanah Aktif dan Beban Lalu Lintas “q”

$q$  lalu lintas setinggi 60 cm setara dengan beban  $1,02 \text{ t/m}^2$ . Sehingga tanah aktif sama dengan luasan diagram tekanan aktif tanah.

$$\begin{aligned} E_{a1} &= q \cdot ka \cdot H_{\text{tanah}} \\ &= 1,02 \cdot 0,333 \cdot 8 = 2,72 \text{ t/m} \end{aligned}$$

$$E_{a2} = 0,5 \cdot 1,7 \cdot 0,333 \cdot 8^2 = 18,133 \text{ t/m}$$

Tanah menekan selebar 11 meter, sehingga besar tekanan tanah aktif :

$$\begin{aligned} T_a &= (E_{a1} + E_{a2}) \cdot 11 \\ &= (2,72 + 18,133) \cdot 11 = 250,24 \text{ ton} \end{aligned}$$

### 8.5.5. Beban Tanah Aktif akibat Gempa

Direncanakan data-data tanah sebagai berikut:

- Sudut geser lapisan tanah  $\phi = 30^\circ$
- Rencana sudut geser antara tanah dan tembok  $\delta = 20^\circ$
- Sudut keruntuhan tanah  $\beta = 0^\circ$
- Koefisien gempa  $(\theta = \text{arc. tg. } Kh)$
- Kemiringan permukaan urugan  $\varphi = 30^\circ$
- Koefisien percepatan horizontal  $k_h = 0,2$
- Koefisien percepatan vertikal  $k_v = 0,1$
- Koefisien tekanan tanah aktif dinamik  $k_{ag}$

$$\begin{aligned} \theta &= \tan^{-1} kh \\ &= \tan^{-1} 0,2 \\ &= 11,31 \end{aligned}$$

$$k_{ag} = \frac{\cos^2(\varphi - \theta - \beta)}{\mu \cdot \cos \theta \cdot \cos^2 \beta \cdot \cos(\delta + \beta + \theta)}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \mu &= \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\emptyset + \delta) \cdot \sin(\emptyset - \theta - \alpha)}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cdot \cos(\beta - \alpha)}} \right]^2 \\ &= \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(30 + 20) \cdot \sin(30 - 11,31 - 0)}{\cos(20 + 0 + 11,31) \cdot \cos(0 - 0)}} \right]^2 \\ &= 2,054 \end{aligned}$$

Maka nilai  $K_{ag}$  didapat

$$k_{ag} = \frac{\cos^2(30 - 11,31 - 0)}{2,359 \cdot \cos 11,31 \cdot \cos^2 0 \cdot \cos(20 + 0 + 11,31)} = 0,5986$$

Besarnya nilai tekanan tanah akibat gempa yaitu:

$$\begin{aligned} T_{ag} &= 0,5 \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot (1 - Kv) \cdot K_{ag} \\ &= 0,5 \cdot 1,7 \cdot 8^2 \cdot (1 - 0,1) \cdot 0,5986 = 29,306 \text{ t/m} \end{aligned}$$

Tanah menekan selebar 11 meter, maka :

$$T_{ag} = 29,306 \cdot 11 = 322,3757 \text{ t/m}$$

Sehingga didapat :

$$\begin{aligned} M_y &= T_{ag} \cdot \text{jarak titik tangkap gempa ke } O \\ &= 322,3757 \cdot 3,88 = 1251,372 \text{ tm} \end{aligned}$$

## 8.6. Perencanaan Tiang Pancang

### 8.6.1. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi lalu lintas diambil salah satu yang paling berbahaya. Pengaruh gesekan pada perletakan harus dimasukkan

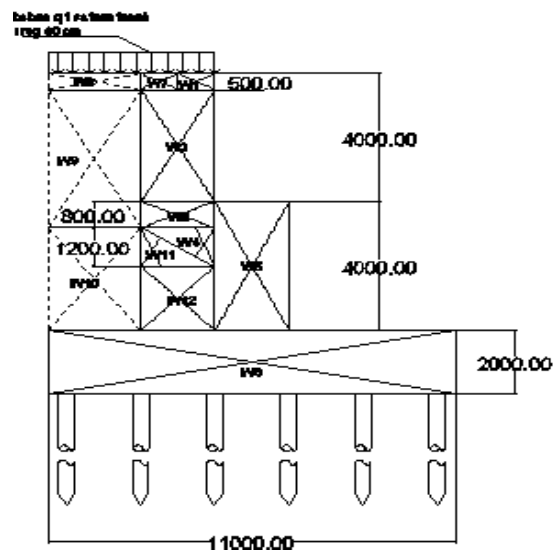


sebagai aksi tetap. Berikut merupakan kombinasi pembebanan yang digunakan sesuai SNI T-02-2005 dapat dilihat pada **Tabel 8.7**.

**Tabel 8.7** Kombinasi Pembebanan untuk Perencanaan Tegangan Kerja Jembatan  
(Sumber : SNI T-02-2005)

Aksi	Kombinasi No.						
	1	2	3	4	5	6	7
Aksi tetap	X	X	X	X	X	X	X
Beban lalu lintas Pengaruh temperatur	X	X	X	X	-	-	X
Arus/hanyutan/hidro/daya apung	-	X	-	X	-	-	-
Beban angin	X	X	X	X	X	-	-
Pengaruh gempa	-	-	X	X	-	-	-
Beban tumbukan	-	-	-	-	X	-	-
Beban pelaksanaan	-	-	-	-	-	-	X
Tegangan berlebihan yang diperbolehkan $r_{os}$	nil	25%	25%	40%	50%	30%	50%

Berat sendiri dari *abutment* jembatan ditambah tanah dibelakangnya dibagi menjadi beberapa segmen. Pembagian segmen tersebut dapat dilihat pada **Gambar 8.6**.



**Gambar 8.6** Sketsa Pembagian Beban pada *Abutment* Jembatan dan Tanah dibalakang *Abutment*

**Tabel 8.8** Berat Total *Abutment* dan Tanah dibelakang *Abutment*

kode luasan	b	h	bentuk	luas	lebar	$\gamma$	berat
	(m)	(m)		(m <sup>2</sup> )	(m)	(t/m <sup>3</sup> )	(ton)
W1	1	0,5		0,5	11	2,4	13,2
W2	2	4		8	11	2,4	211,2
W3	2	0,8		1,6	11	2,4	42,24
W4	2	1,2		1,2	11	2,4	31,68
W5	2	5,5		11	11	2,4	290,4
W6	14	2		28	11	2,4	739,2
W7	1	0,5		0,5	11	1,7	9,35
W8	4,5	0,5		2,25	11	1,7	42,075
W9	4,5	4,3		19,35	11	1,7	361,845
W10	4,5	3,2		7,2	11	1,7	134,64
W11	2	1,2		2,4	11	1,7	44,88
W12	2	2		4	11	1,7	74,8
TOTAL							1995,51

Berdasarkan berat total dari tabel diatas maka pembebanan pada struktur bangunan bawah Jembatan Busur Pemali dapat dilihat pada **Tabel 8.9**.

**Tabel 8.9** Pembebanan pada Jembatan Busur Pemali

NO	BEBAN	NOTASI	V (ton0	Hy (ton)	Hx (Ton)	lengan terhadap titik O (m)	My (tonm)	Mx (tonm)
1	beban Mati Bangunan Atas	A	2539,0278		0	0		
2	Beban Mati Bangunan Bawah + Tanah	B	1995,51			-0,01816	-36,2380751	
3	Tekanan Tanah Aktif	C		250,24		4	1000,96	
4	Beban Lalu Lintas + beban Kejut (DLA) + Beban Pejalan Kaki	D	748,125			0	0	
5	Rem	E		23		7,5	172,5	
6	Gesekan Perletakan Akibat Susut	F		0		7,5	0	
7	Arus	G			0	0		0
8	Tumbukan	H			0	0		0
9	Angin Pada Struktur	I			2,593	7,5		19,4475
10	Angin Pada Kendaraan	J			3,99	7,5		29,925
11	Gempa Pada Bangunan Atas	K		146,169	146,169	7,5	1096,2675	1096,268
12	Gempa Pada Bangunan Bawah	L		183,153	183,153	3,881719	710,9485035	710,9485
13	Tekanan Tanah Akhibat Gempa	M		322,375683		3,881719	1251,371854	
TOTAL			5282,6628	924,937683	335,905	49,24528	4195,809782	1856,589

Setelah mendapatkan total beban yang bekerja pada *abutment* jembatan,kemudian dilakukan kombinasi pembebanan sesuai Tabel 8.7 yang dapat dilihat pada **Tabel 8.10**.

**Tabel 8.10** Kombinasi Pembebanan *Abutment* Jembatan

Kombinasi 1 = A + B + D + E + G + H					
Jenis Beban	Gaya (Ton)			Momen (Tonm)	
	v	Hy	Hx	My	Mx
A	2539,0278			0	
B	1995,51			964,721925	
D	748,125			0	
E		23		172,5	
G			0		0
H			0		0
TOTAL	5282,6628	23	0	1137,22192	0

Kombinasi 2 = kombinasi 1 + F					
Jenis Beban	Gaya (Ton)			Momen (Tonm)	
	v	Hy	Hx	My	Mx
Kombinasi 1	5282,6628	23	0	1137,22192	0
F		0		0	
TOTAL	5282,6628	23	0	1137,22192	0

Kombinasi 3 = kombinasi 1 + I + J					
Jenis Beban	Gaya (Ton)			Momen (Tonm)	
	v	Hy	Hx	My	Mx
kombinasi 1	5282,6628	23	0	1137,22192	0
I			2,593		19,4475
J			3,99		29,925
TOTAL	5282,6628	23	6,583	1137,22192	49,3725

Kombinasi 4 = kombinasi 1 + f + I + J					
Jenis Beban	Gaya (Ton)			Momen (Tonm)	
	v	Hy	Hx	My	Mx
kombinasi 1	5282,6628	23	0	1137,22192	0
F	0	0	0	0	0
I	0	0	2,593	0	19,4475
J	0	0	3,99	0	29,925
TOTAL	5282,6628	23	6,583	1137,22192	49,3725

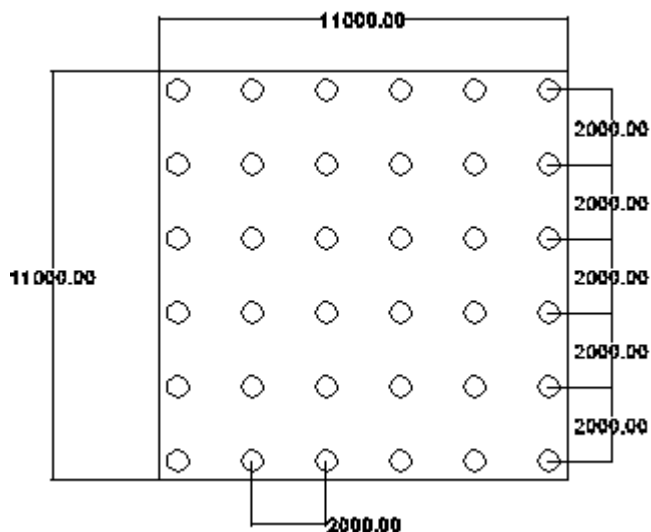
Kombinasi 5 = A + B + D + G + H + K + L + M					
Jenis Beban	Gaya (Ton)			Momen (Tonm)	
	v	Hy	Hx	My	Mx
A	2539,0278			0	
B	1995,51			964,721925	
D	748,125			0	
G			0		0
H			0		0
K		146,169	146,169	1096,2675	1096,2675
L		183,153	183,153	710,948504	710,948504
M		322,3757		1251,37185	
TOTAL	5282,6628	651,6977	329,322	4023,30978	1807,216

Kombinasi 6 = A + B + D + G + H + K + L + M					
Jenis Beban	Gaya (Ton)			Momen (Tonm)	
	v	Hy	Hx	My	Mx
A	2539,0278	0	0	0	0
B	1995,51	23	0	964,721925	0
D	748,125	0	0	0	0
TOTAL	5282,6628	23	0	964,721925	0

Kombinasi 7 = A + B + D + H					
Jenis Beban	Gaya (Ton)			Momen (Tonm)	
	v	Hy	Hx	My	Mx
A	2539,0278	0	0	0	0
B	1995,51	23	0	964,721925	0
D	748,125	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0
TOTAL	5282,6628	23	0	964,721925	0

### 8.6.2. Beban di atas Tiang Kelompok

Perencanaan jumlah dari tiang pancang perlu memperhatikan kedalaman, diameter, dan daya dukung dari tiang pancang.



**Gambar 8.7** Sketsa Rencana Tiang Pancang *Abutment*

Jika tiang pancang disatukan menjadi sebuah kelompok pada kepala tiang dan bekerja beban vertika (V), horizontal (H),

serta momen (M). Maka besar beban vertikal ekuivalen (Pv) yang bekerja sebagai berikut :

$$Pv = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{Mx \cdot y_{max}}{\sum y^2} \pm \frac{My \cdot X_{max}}{\sum x^2}$$

Dimana :

Pv = beban vertikal ekuivalen tiang pancang

$\sum P$  = total beban aksial yang bekerja pada tiang

Mx = momen terhadap sumbu X

My = momen terhadap sumbu Y

Xmax = abisi tiang pancang terjauh terhadap berat keliling tiang

Ymax = ordinat tiang pancang terjauh terhadap garis berat keliling tiang

$\sum x^2$  = jumlah kuadrat abisi tiang pancang terhadap garis berat kelompok tiang

$\sum y^2$  = jumlah kuadrat ordinat tiang pancang terhadap garis berat kelompok tiang

n = banyaknya tiang pancang

Dalam tugas akhir ini digunakan spesifikasi tiang pancang dengan diameter 60 cm tipe C dari PT. WIKA Beton. Perhitungan Q ijin tiang pancang dapat dilihat pada **Tabel 8.11**.

**Tabel 8.11** Konfigurasi P-maksimal Tiang Pancang Kelompok

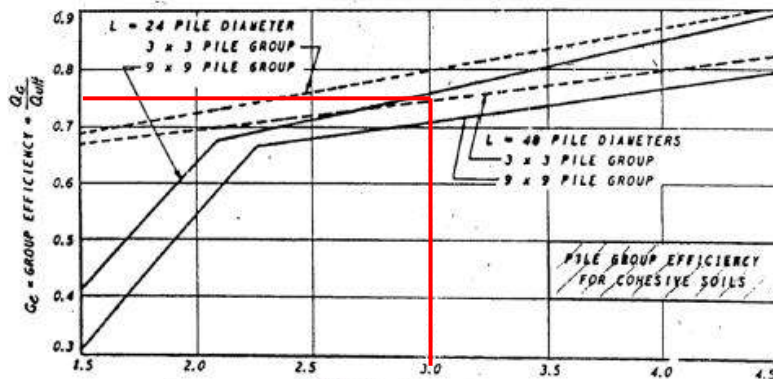
Ymaks	5 m	$\Sigma Y^2$	420 m2					
Xmaks	5 m	$\Sigma X^2$	420 m2					
kombinasi 1								
Pmaks	=	$\frac{5282,663}{36}$	+	$\frac{0}{420}$	+	$\frac{5686,11}{420}$		
P maks	=	146,7406	+	0	+	13,53836	=	160,279 Ton
P min	=	146,7406	-	0	-	13,53836	=	133,2023 Ton
kombinasi 2								
Pmaks	=	$\frac{5282,663}{36}$	+	$\frac{0}{420}$	+	$\frac{5686,11}{420}$		
P maks	=	146,7406	+	0	+	13,53836	=	160,279 Ton
P min	=	146,7406	-	0	-	13,53836	=	133,2023 Ton
kombinasi 3								
Pmaks	=	$\frac{5282,663}{36}$	+	$\frac{246,8625}{420}$	+	$\frac{115}{420}$		
P maks	=	146,7406	+	0,587768	+	0,27381	=	147,6022 Ton
P min	=	146,7406	-	0,587768	-	0,27381	=	145,8791 Ton
kombinasi 4								
Pmaks	=	$\frac{5282,663}{36}$	+	$\frac{5686,11}{420}$	+	$\frac{246,8625}{420}$		
P maks	=	146,7406	+	13,53836	+	0,587768	=	160,8668 Ton
P min	=	146,7406	-	13,53836	-	0,587768	=	132,6145 Ton
kombinasi 5								
Pmaks	=	$\frac{5282,663}{36}$	+	$\frac{9036,08}{420}$	+	$\frac{20116,55}{420}$		
P maks	=	146,7406	+	21,51448	+	47,89655	=	216,1517 Ton
P min	=	146,7406	-	21,51448	-	47,89655	=	77,32961 Ton
kombinasi 5								
Pmaks	=	$\frac{5282,663}{36}$	+	$\frac{0}{420}$	+	$\frac{4823,61}{420}$		
P maks	=	146,7406	+	0	+	11,48478	=	158,2254 Ton
P min	=	146,7406	-	0	-	11,48478	=	135,2558 Ton
kombinasi 6								
Pmaks	=	$\frac{5282,663}{36}$	+	$\frac{0}{420}$	+	$\frac{4823,61}{420}$		
P maks	=	146,7406	+	0	+	11,48478	=	158,2254 Ton
P min	=	146,7406	-	0	-	11,48478	=	135,2558 Ton
kombinasi 7								
Pmaks	=	$\frac{5282,663}{36}$	+	$\frac{0}{420}$	+	$\frac{4823,61}{420}$		
P maks	=	146,7406	+	0	+	11,48478	=	158,2254 Ton
P min	=	146,7406	-	0	-	11,48478	=	135,2558 Ton



### 8.6.3. Kontrol Daya Dukung Tiang Pancang

#### 8.6.3.1. Kontrol Tiang Pancang Terhadap Kelompok

Kontrol dilakukan pada Qijin 1 tiang kedalaman yang telah direncanakan dengan diameter 60 cm. Efisiensi Qijin tiang pancang didapatkan dengan menggunakan grafik pada **Gambar 8.9**.



**Gambar 8.8** Grafik Efisiensi Tiang Pancang

Dari grafik diatas didapatkan efisiensi tiang pancang pada Jembatan Busur Pemali sebesar 0,75.

Kontrol daya diukung tiang pancang terhadap kelompok

Qall 1 tiang pancang = 309,75 ton

Qall 1 tiang pacang =  $309,75 \cdot 0,75 = 232,31$  ton

P ultimate = 216,152 ton < 232,31 ton

**OK**

#### 8.6.3.2. Kontrol Beban Aksial Kelompok

P kelompok = Qall 1 tiang pancang x jumlah > Vu kombinasi

Direncakan jumlah tiang pancang = 36 buah

P kelompok =  $309,75 \cdot 36 = 11151,08$  ton

Vu kombinasi  $5282,663$  ton  $< 11151,08$  ton

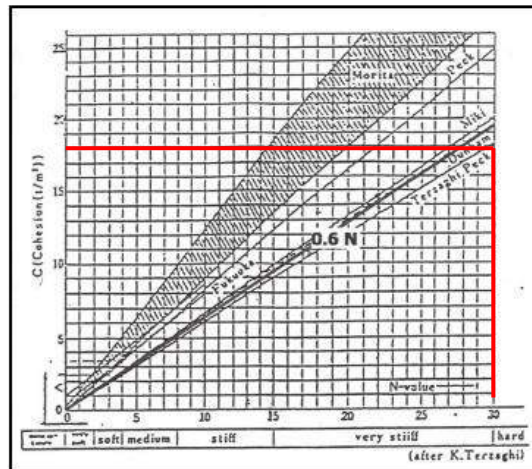
**OK**

### 8.6.3.3. Kontrol Defleksi dan Pengaruh Gaya Lateral

Untuk menghitung defleksi yang terjadi pada tiang pancang terlebih dahulu menentukan nilai  $C_u$  yang dapat dicari dengan menggunakan grafik korelasi N-SPT Terzaghi (1943) yang dapat dilihat pada **Gambar 8.10**.

#### *Korelasi N-SPT terhadap nilai $C_u$*

Untuk nilai  $C_u$  dapat diperoleh dengan menggunakan grafik berikut ini:



Gambar 2-2 Hubungan antara kohesi dan nilai N-SPT untuk tanah kohesif. (Terzaghi, 1943)

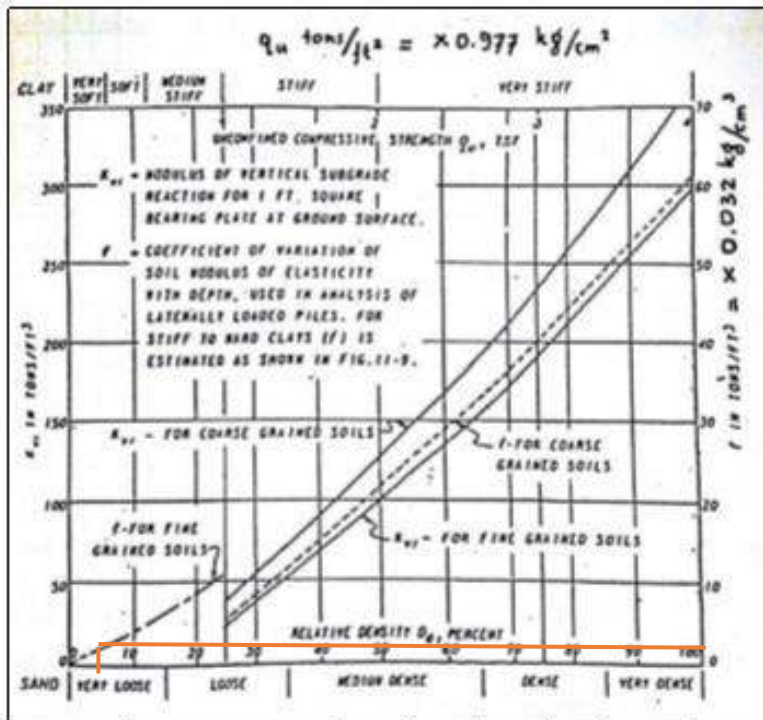
**Gambar 8.9** Grafik Kolerasi N-SPT dan  $C_u$   
(Sumber :Terzaghi 1943)

Dari grafik korelasi amak didapatkan besar  $C_u$  pada tanah sebesar  $18 \text{ t/m}^2$ .

Sehingga :

$$q_u = 18.2 = 36 \text{ t/m}^2 = 3,6 \text{ Kg/cm}^2$$

Untuk mendapatkan nilai  $f$  digunakan grafik yang dapat dilihat pada **Gambar 8.11**.



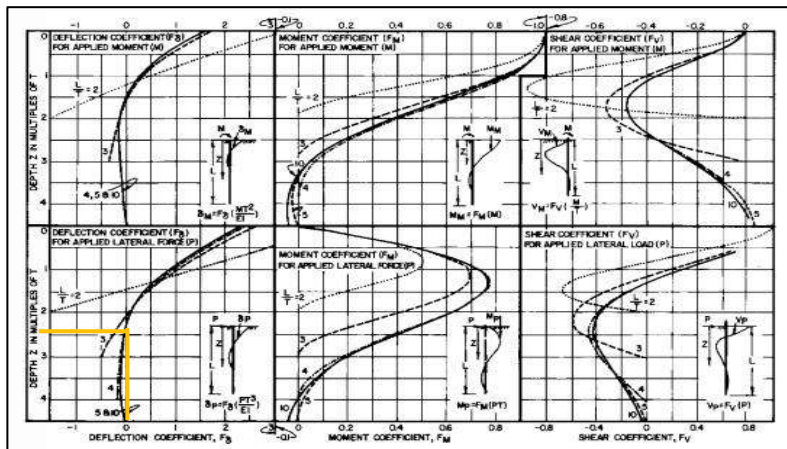
**Gambar 8.10** Grafik antara  $q_u$  dan  $f$   
(Sumber : NAFVAC 1971 )

$$q_u = \frac{3,6}{0,997} = 3,6847 \frac{\text{ton}}{\text{ft}^2}$$

Dari grafik diatas didapatkan nilai  $f$  sebesar  $3 \text{ ton/ft}^3 = 0,096 \text{ kg/cm}^3 = 96 \text{ ton/m}^3$ . Sehingga :

$$\begin{aligned}
 E &= 4700\sqrt{f'c} \\
 &= 4700\sqrt{40} = 29725,41 \text{ Mpa} = 2972541 \text{ ton/m}^2 \\
 I &= \frac{1}{64}\pi(60^4 - 50^4) = 329376,355 \text{ cm}^4 = 0,003294 \text{ m}^4 \\
 T &= \left(\frac{EI}{f}\right)^{0,2} = \left(\frac{2972541 \cdot 0,003294}{96}\right)^{0,2} = 2,521 \text{ m} \\
 L &= 32 \text{ meter} ; L/T = \frac{32}{2,521} = 12,68
 \end{aligned}$$

Untuk mendapatkan  $f\delta$  digunakan grafik antara  $L/T$  dan koefisien defleksi yang dapat dilihat pada **Gambar 8.12**.



**Gambar 8.11** Grafik antara  $L/T$  dan Koefisien Defleksi  
(Sumber : NAFVAC 1971)

Dari grafik diatas didapatkan nilai  $f\delta$  sebesar 0,3. Sehingga :

$$P = \frac{651,6977}{36} = 18,103 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned}\delta &= f\delta \cdot \frac{PT^3}{EI} \\ &= 0,3 \cdot \frac{18,103 \cdot 2,522^3}{2972541 \cdot 0,003294} = 0,008896 \text{ m} = 0,89 \text{ cm}\end{aligned}$$

Cek,  $0,89 \text{ cm} < 2,54 \text{ cm}$

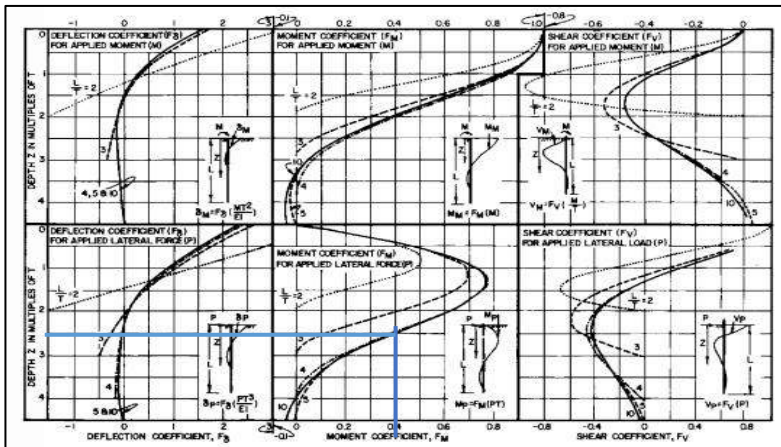
**OK**

#### 8.6.3.4. Kontrol Momen Crack

$$L = 32 \text{ m}$$

$$L/T = \frac{32}{2,521} = 12,68 \text{ m}$$

Untuk mendapatkan fM maka digunakan Grafik yang dapat dilihat pada **Gambar 8.13**.



**Gambar 8.12** Grafik antara  $L/T$  dan Koefisien Momen  
(Sumber : NAFVAC 1971 )

Dari grafik diatas maka didapatkan nilai koefisien momen sebesar 0,42. Sehingga :

$$P = \frac{651,6977}{36} = 18,103 \text{ ton}$$

$$T = 2,521 \text{ m}$$

$$M_{pmax} = fM \cdot P \cdot T = 0,42 \cdot 18,103 \cdot 2,521 = 19,17 \text{ tm}$$

$$\text{Cek, } 19,17 \text{ tm} < \text{momen crack} = 29 \text{ tm} \quad \text{OK}$$

## 8.7. Penulangan *Abutment* Jembatan

### 8.7.1. Penulangan Dinding *Abutment*

$$\begin{aligned} M_y &= 4023,3098 \text{ tm} \\ &= 4,023 \cdot 10^{10} \text{ Nmm} \\ \text{Lebar } abutment &= 11 \text{ m} = 11000 \text{ mm} \\ \text{Tinggi } abutment &= 8 \text{ m} = 8000 \text{ mm} \\ \text{Tebal dinding } abutment &= 2 \text{ m} = 2000 \text{ mm} \\ \text{Diameter tulangan utama} &= 25 \text{ mm} \\ \text{Diameter tulangan memanjang} &= 25 \text{ mm} \\ F_y \text{ tulangan} &= 390 \text{ MPa} \\ F'_c &= 40 \text{ MPa} \\ \text{Selimut beton} &= 75 \text{ mm} \\ d &= t - s - (0,5 \cdot D_{Utm}) - D_{mmj} \\ &= 2000 - 75 - (0,5 \cdot 25) - 25 \\ &= 1887,5 \text{ mm} \\ R_n &= \frac{M_{max}}{\phi b d^2} \\ &= \frac{4,023 \cdot 10^{10}}{0,85 \cdot 11000 \cdot 1887,5^2} = 1,21 \\ m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{rc}} = \frac{390}{0,85 \cdot 40} = 11,47 \\ \rho \text{ perlu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,471} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,471 \cdot 1,21}{390}} \right) \\ &= 0,00315 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{minim}} &= 0,25 \cdot \frac{1,4}{f_y} \\
 &= 0,25 \cdot \frac{1,4}{390} = 0,000897 \\
 A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,00315 \cdot 1000 \cdot 1887,5 \\
 &= 5953,169 \text{ mm}^2 \\
 A_s \text{ D25} &= 490,87 \text{ mm}^2 \\
 \text{Jarak antar tulangan} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot \frac{1000}{A_s} \\
 &= \frac{1}{4} \pi 25^2 \cdot \frac{1000}{5953,169} = 82,45 \text{ mm} \\
 \text{Diambil jarak antar tulangan } &80 \text{ mm} \\
 \mathbf{8.7.2. \quad Tulangan Memanjang Abutment} \\
 M_x &= 1807,216 \text{ tm} \\
 &= 1,807 \cdot 10^{10} \text{ Nmm} \\
 R_n &= \frac{M_{\text{max}}}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{1,807 \cdot 10^{10}}{0,85 \cdot 11000 \cdot 1887,5^2} = 0,542 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{tc}} = \frac{390}{0,85 \cdot 40} = 11,47 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{11,471} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,471 \cdot 0,54}{390}} \right) \\
 &= 0,0014
 \end{aligned}$$

As

$$\begin{aligned}
 &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0014 \cdot 1000 \cdot 1887,5 \\
 &= 2647,008 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak antar tulangan

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot \frac{1000}{As} \\
 &= \frac{1}{4} \pi 25^2 \cdot \frac{1000}{2647,008} = 185,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sehingga tulangan memanjang *abutment* digunakan 150 mm

### 8.7.3. Penulangan *Pilecap* Jembatan

Dalam menghitung penulangan *pilecap* dibutuhkan kombinasi beban yang bekerja, kombinasi beban tersebut diambil yang besar untuk menentukan ukuran dari tulangan *pilecap*. Berikut kombinasi beban yang bekerja dapat dilihat pada **Tabel 8.12**.

**Tabel 8.12** Kombinasi beban pada *pilecap* Jembatan

no	kombinasi	Pu	Mux	Muy	Px1	Px2	Px3	Py1	Py2	Py3
1	kombinasi	5282,6628	0	1137,222	146,7406	146,740633	146,74063	160,279	154,8636	149,4483
2	kombinasi	5282,6628	0	1137,222	146,7406	146,740633	146,74063	160,279	154,8636	149,4483
3	kombinasi	5282,6628	49,3725	1137,222	147,3284	147,093294	146,85819	160,279	154,8636	149,4483
4	kombinasi	5282,6628	49,3725	1137,222	147,3284	147,093294	146,85819	160,279	154,8636	149,4483
5	kombinasi	5282,6628	1807,216004	4023,31	168,2551	159,649319	151,04353	194,6372	175,4786	156,3199
6	kombinasi	5282,6628	0	964,7219	146,7406	146,740633	146,74063	158,2254	153,6315	149,0376
7	kombinasi	5282,6628	0	964,7219	146,7406	146,740633	146,74063	158,2254	153,6315	149,0376

Dari tabel diatas dapat diambil rekap beban yang bekerja pada sumbu x *pilecap* yang kemudian digunakan untuk menentukan besar momen yang bekerja pada *pilecap*. Perhitungan momen ultimate akibat reaksi tiang dapat dilihat pada **Tabel 8.13**.



### Tulangan arah X

**Tabel 8.13** Perhitungan Momen Ultimate akibat Reaksi Tiang arah X

no	xi m	xi-h/2 m	pi Ton	Mupi Tonm
1	5	4	168,2551096	5047,653
2	3	2	159,6493191	2873,688
3	1	0	151,0435286	906,2612
TOTAL			478,9479572	8827,602

Setelah mendapatkan momen ultimate dari reaksi tiang pancang, kemudian menentukan besar momen geser dan gaya geser akibat berat sendiri dari *pilecap*. Perhitungan besar momen dan gaya geser yang bekerja dapat dilihat pada Tabel 8.14.

**Tabel 8.14** Perhitungan Momen dan Gayar Geser pada *pilecap*

kode	parameter berat bagian beton			V m3	berat Ton	lengan m	momen Tonm
	b	h	panjang				
W1pilecap	11	2	11	242	580,8	5,5	3194,4
				Vs	580,8	Ms	3194,4

Faktor beban ultimate, k = 1,3

Momen ultimate akibat berat *pilecap*,  $M_{us} = K \cdot M_s$   
 $= 1,3 \cdot 3194,4$   
 $= 4152,72 \text{ tm}$

Gaya geser ultimate akibat berat *pilecap*  $= K \cdot V_s$   
 $= 1,3 \cdot 580,8$   
 $= 755,04 \text{ ton}$

Momen dan gaya geser ultimate rencana *pilecap*

- Momen ultimate rencana *pilecap*,  
 $M_{ur} = M_{up} - M_s$   
 $= 8827,602 - 3194,4 = 5633,202 \text{ tm}$

- Momen ultimate rencana permeter lebar

$$\begin{aligned} Mu &= Mur/by \\ &= \frac{5633,202}{11} = 512,11 \text{ tm} \end{aligned}$$

- Gaya geser rencana *pilecap*

$$\begin{aligned} Vur &= Vup - Vus \\ &= 580,8 - 478,95 = 101,852 \text{ ton} \end{aligned}$$

- Gaya geser ultimate rencana per meter

$$\begin{aligned} Vu &= Vur/by \\ &= \frac{101,852}{11} = 9,25 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} My &= 512,11 \text{ tm} \\ &= 5121092911 \text{ Nmm} \\ \text{Lebar } abutment &= 11 \text{ m} &= 11000 \text{ mm} \\ \text{Tinggi } abutment &= 8 \text{ m} &= 8000 \text{ mm} \\ \text{Tebal dinding } abutment &= 2 \text{ m} &= 2000 \text{ mm} \\ \text{Diameter tulangan} &= 25 \text{ mm} \\ F_y \text{ tulangan} &= 390 \text{ MPa} \\ F'_c &= 40 \text{ MPa} \\ \text{Selimut beton} &= 75 \text{ mm} \\ d &= t - s - (0,5 \cdot D_{Utm}) - D_{mmj} \\ &= 2000 - 75 - (0,5 \cdot 25) - 25 \\ &= 1887,5 \text{ mm} \\ Rn &= \frac{M_{max}}{\phi b d^2} \\ &= \frac{5121092911}{0,85 \cdot 1000 \cdot 1887,5^2} = 0,153 \\ m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{390}{0,85 \cdot 40} = 11,47 \\ \rho \text{ perlu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,471} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,471 \cdot 0,15}{390}} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{minim}} &= 0,000395 \\
 &= 0,25 \cdot \frac{1,4}{f_y} \\
 &= 0,25 \cdot \frac{1,4}{390} = 0,000897 \\
 A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,000897 \cdot 1000 \cdot 1887,5 \\
 &= 1693,91 \text{ mm}^2 \\
 A_s \text{ D25} &= 490,87 \text{ mm}^2 \\
 \text{Jarak antar tulangan} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot \frac{1000}{A_s} \\
 &= \frac{1}{4} \pi 25^2 \cdot \frac{1000}{1693,91} = 289,78 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

maka digunakan tulangan diameter 25 mm dengan jarak 200 mm

### Tulangan arah Y

Dari **Tabel 8.12** didapatkan besar dari gaya yang bekerja pada *pilecap* dengan arah sumbu Y. Besar gaya tersebut digunakan untuk menentukan besar momen ultimate *pilecap* akibat reaksi tiang. Perhitungan momen ultimate reaksi tiang dapat dilihat pada **Tabel 8.15**.

**Tabel 8.15** Perhitungan Momen Ultimate akibat Reaksi Tiang arah Y

no	xi m	xi-h/2 m	pi Ton	Mupi Tonm
1	5	4	194,6371784	778,5487
2	3	2	175,4785603	350,9571
3	1	0	156,3199423	0
TOTAL			526,435681	1129,506

Momen dan gaya geser ultimate rencana *pilecap*

- Momen ultimate rencana *pilecap*,

$$\begin{aligned} Mur &= Ms - Mup \\ &= 3194,4 - 1129,605 = 2064,89 \text{ tm} \end{aligned}$$

- Momen ultimate rencana perimeter lebar

$$\begin{aligned} Mu &= Mur / by \\ &= \frac{2064,89}{11} = 187,718 \text{ tm} \end{aligned}$$

- Gaya geser rencana *pilecap*

$$\begin{aligned} Vur &= Vus - Vup \\ &= 580,8 - 526,435 = 54,36 \text{ ton} \end{aligned}$$

- Gaya geser ultimate rencana per meter

$$\begin{aligned} Vu &= Vur / by \\ &= \frac{54,36}{11} = 4,942 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$My = 187,718 \text{ tm}$$

$$= 1877176514 \text{ Nmm}$$

$$\text{Lebar } abutment = 11 \text{ m} = 11000 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi } abutment = 8 \text{ m} = 8000 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal dinding } abutment = 2 \text{ m} = 2000 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan} = 25 \text{ mm}$$

$$F_y \text{ tulangan} = 390 \text{ MPa}$$

$$F'_c = 40 \text{ MPa}$$

$$\text{Selimut beton} = 75 \text{ mm}$$

$$d = t - s - (0,5 \cdot D_{Utm}) - D_{mmj}$$

$$= 2000 - 75 - (0,5 \cdot 25) - 25$$

$$= 1887,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{M_{max}}{\phi b d^2} \\ &= \frac{1877176514}{0,85 \cdot 1000 \cdot 1887,5^2} = 0,0564 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{390}{0,85 \cdot 40} = 11,47$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{f_y}} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{11,471} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,471 \cdot 0,06}{390}} \right) \\
 &= 0,000144 \\
 \rho_{\text{minim}} &= 0,25 \cdot \frac{1,4}{f_y} \\
 &= 0,25 \cdot \frac{1,4}{390} = 0,000897 \\
 A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,000897 \cdot 1000 \cdot 1887,5 \\
 &= 1693,91 \text{ mm}^2 \\
 \text{As D25} &= 490,87 \text{ mm}^2 \\
 \text{Jarak antar tulangan} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot \frac{1000}{A_s} \\
 &= \frac{1}{4} \pi 25^2 \cdot \frac{1000}{1693,91} = 289,78 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan diameter 25 mm dengan jarak 200 mm.

### **Tulangan geser *pilecap***

$$\text{Gaya geser} = 9,259 \text{ ton} = 92592,76 \text{ N}$$

$$\text{Faktor reduksi kekuatan geser} = 0,6$$

$$\text{Kapasitas geser ultimate, } V_{ucmax} = 0,5 \phi b d \sqrt{f'_c}$$

$$\begin{aligned}
 V_{ucmax} &= 0,5 \cdot 0,6 \cdot 1000 \cdot 1887,5 \cdot \sqrt{40} \\
 &= 3581279,45 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$V_u = 92592,76 \text{ N} < V_{ucmax} = 3581279,45 \text{ N} \quad \textbf{OK}$$

$$\text{Gaya geser yang ditahan oleh beton } \phi V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b d$$

$$\phi V_c = \frac{1}{6} \sqrt{40} \cdot 1000 \cdot 1887,5 = 13131357,98$$

$$NV_u = 92592,76 \text{ N} < \phi V_c = 13131357,98 \text{ N} \quad \textbf{OK}$$

Digunakan tulangan dengan diameter 16 mm.

$$A_s \text{ D16} = 201,06 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan} = \frac{A_s \cdot f_y \cdot d}{V_u} = \frac{201,06 \cdot 390 \cdot 1887,5}{92592,7662} = 1598,45 \text{ mm}$$

Maka diambil jarak antar tulangan geser sebesar 600 mm.

## **BAB IX**

### **PENUTUP**

#### **9.1. Kesimpulan**

Dari berbagai kontrol dan analisa perhitungan yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat diambil dari perencanaan tugas akhir ini antara lain :

1. Perencanaan pelat lantai kendaraan merupakan pelat beton yang memiliki ketebalan 20 cm dan dilapisi aspal dengan ketebalan 5 cm.
2. Profil struktur sekunder Jembatan Pemali menggunakan mutu baja BJ 41 dengan  $f_u = 410$  Mpa dan  $f_y = 250$  Mpa.
3. Dari hasil perhitungan struktur sekunder jembatan busur didapatkan :
  - Profil gelagar memanjang WF 400 x 300 x 10 x 16
  - Profil gelagar melintang WF 900 x 300 x 28 x 16
  - Ikatan angin lantai kendaraan Box 220x220x8
  - Ikatan angin rangka L 120x120x13
  - Ikatan silang angin rangka Box 180x180x6,3
  - Batang horizontal ikatan angin rangka Box 180 x 180 x 8
  - Ikatan silang akhir angin lantai kendaraan Box 180 x 180 x 8
4. Pada permodelan Jembatan Busur Pemali dengan menggunakan SAP2000, digunakan permodelan 2 dimensi untuk memperoleh gaya aksial batang maksimum sesuai dengan garis pengaruh yang diberi beban berjalan 1 ton yang kemudian dijadikan acuan untuk mendesain dimensi profil sekunder dari Jembatan Busur Pemali.

Untuk desain profil rangka utama dari Jembatan Pemali, dibagi menjadi 3 segmen utama dengan asumsi setiap batang mewakili dari seluruh batang yang ada pada segmen.

5. Berat total keseluruhan struktur dari perhitungan SAP200 seberat 382 ton, sedangkan perhitungan manual sebesar 368 ton. Perbedaan berat memiliki selisih sebesar 3.62 % sehingga dapat disimpulkan bahwa permodelan struktur yang telah dikerjakan sudah sesuai.
6. Profil rangka utama menggunakan brosur PT GUNUNG RAJA PAKSI yang memiliki mutu GR 50 A ( $f_y = 345 \text{ Mpa}$  dan  $f_u = 565 \text{ Mpa}$ )

Berikut merupakan rekap profil rangka utama jembatan :

- Batang tepi atas segmen 1 Box 500 x 500 x 25
  - Batang tepi atas segmen 2 Box 500 x 500 x 22
  - Batang tepi atas segmen 3 Box 400 x 400 x 25
  - Batang tepi bawah segmen 1 Box 400 x 400 x 16
  - Batang tepi bawah segmen 2 Box 400 x 400 x 16
  - Batang tepi bawah segmen 3 Box 400 x 400 x 16
  - Batang vertikal Box 180 x 180 x 8
  - Batang diagonal segmen 3 Box 220x220x10
  - Batang diagonal segmen 1 dan 2 Box 180 x 180 x 10
  - Batang vertikal akhir 500 x 500 x 19
  - Batang tarik 500 x 500 x 22
  - Kolom portal akhir 500 x 500 x 25
  - Balok portal akhir 500 x 500 x 25
  - Batang penggantung baja ulir berdiameter 47 mm ( $f_y = 839 \text{ Mpa}$  dan  $f_u = 1048 \text{ Mpa}$ )
7. Perletakan yang digunakan menggunakan elastomer dengan ukuran 600 x 600 mm dengan ketebalan 69 mm.



8. Hasil analisa pada progam SAP2000 penggunaan damper sebagai *longitudinal stopper* mempengaruhi pengurangan maksimum sebesar 16%.
9. *Abutment* jembatan memiliki tinggi 6 meter dan lebar 11 meter dengan lebar poer 11 meter dan tebal 2 meter. mutu beton yang digunakan adalah  $f'c$  40 Mpa.
10. Pondasi struktur menggunakan tiang pancang *spun pile* PT. WIKA BETON dengan diameter 60 cm (Tipe C) yang memiliki kedalaman 32 meter sesuai dengan penyelidikan tanah SPT (*Standard Penetration Test*). Jumlah tiang pancang yang dibutuhkan 36 buah.

## 9.2. Saran

Dalam laporan Tugas Akhir ini tentunya masih terdapat banyak kekurangan dalam pengerjaannya. Berikut merupakan saran untuk memperbaiki perencanaan jembatan busur sehingga untuk kedepannya didapatkan hasil yang lebih baik dan maksimal.

1. Dalam perhitungan desain jembatan busur disarankan menggunakan software MIDAS CIVIL daripada SAP2000. Karena dalam MIDAS CIVIL lebih khusus dalam perhitungan jembatan sehingga hasil yang didapatkan lebih baik.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. 1992. ***Bridge Management System (BMS) Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan***. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. **SNI 03-1729-2002 Standar Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. **SNI 03-2847-2002 Standar Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. 2005. **SNI T-02-2005 Standar Pembebanan untuk Jembatan**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2005. **SNI 1725-2016 Standar Pembebanan untuk Jembatan**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2005. **SNI T-03-2005 Standar Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. **SNI 03-2833-2008 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Bowles, Joseph E. 1988. **Analisis dan Desain**

- Pondasi.** Erlangga. Jakarta.
- Brown, Warren M. 2010. **TechStar Lock-Up Devices & anti-seismic expansion joints in Southern Asia.** *Techstar Inc. USA.*
- Civeng, Mas. 2015. **Artikel Jembatan Abutment Teknik Sipil,**  
 <URL:<http://www.ilmutekniksipilindonesia.com/2015/04/artikel-jembatan-abutment-teknik-sipil.html>>
- Colebrand International. 2000. **Essential Protection for Structures Against Seismic Braking and Traction Forces.** Colebrand Internatioal Limited. London.
- Das, Braja M. 1988. **Mekanika Tanah.** jilid 1. Erlangga. Jakarta.
- Das, Braja M. 1995. **Mekanika Tanah.** jilid 2. Erlangga. Jakarta.
- Freyssinet. 2008. **Elastomeric Bearings.** CE. France.
- Harwiyono (alm), Ir., Dr. Ir. Hidajat Sugihardjo, MS., dan Ir. Joko Irawan, MS. 2007. **Diktat Kuliah Jembatan Bentang Panjang.** Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Marwan dan Isdarmanu. 2006. **Buku Ajar Struktur Baja I.** Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- NAFVAC. 1971. **Design Manual: Soil Mechanics, Foundations and Earth Structures.** Depth of Navy. USA.

- Sohne, Maurer. 2008. **Maurer Seismic Isolation Systems with Lead Rubber Bearings (MLRB)**. Maurer Sohne Innovations in Steel. Jerman.
- Taylor. 1990. **Taylor Devices Inc.** 90 Taylor Drive. Amerika.
- PT. Gunung Raja Paksi. 2001. **Square Hollow Section**. Steel Indonesia. Bekasi.
- PT. Wijaya Karya. 2007. **Tiang Pancang Standart**. Wika Beton. Karawang.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



## BORE LOG

Project : Pekerjaan Rehabilitasi Talang Percolat				Location : Lerangan, Kabupaten Brebes Jawa Tengah				Bore Hole No : Page 1						
Date of drilling Bore Machine Pump Material Drilling method Diameter of hole		September 2015 Cipres Sundha Kusumawati Rotary 13 mm		Designed by : AndRAS ST Checked by : I. Sri Manjaya, ST Date of photograph : Sample store at : Semarang Ground Water Depth : 4.30 meter		Coordinate : X Y Elevation : Inclination : Amount :		Bore Hole No : Page 1						
								Field Test SPT						
Date		Depth (m)	Depth (m)	Thickness (m)	Sample	Symbols	Layer Tipo	DESCRIPTION	Depth (m)	N	10	30	50	
September 2015	1	0.00	0.90				LANAU Kapasiran	sangat lunak sampai lunak warna coklat	0.00					
	2	1.00	1.90	4.50					2.00	2				
	3	2.00	2.90						2.45					
	4	3.00	3.90	4.00			LEMPUNG	lunak, warna abu-abu	4.00					
	5	4.00	4.90	4.50					4.45	3				
	6	5.00	5.90						5.50					
	7	6.00	6.90	1.50			LEMPUNG Kapasiran	lunak, warna abu-abu	6.90					
	8	7.00	7.90						8.00	5				
	9	8.00	8.90				LEMPUNG	lunak sampai teguh, warna abu-abu	8.90					
	10	9.00	9.90	5.50					9.45	9				
	11	10.00	10.90						10.00					
	12	11.00	11.90				PASIR Kakempungan	sedikit kerikil, warna abu-abu kehijauan	10.45					
13	12.00	12.90				12.00			12					
14	13.00	13.90				12.45								
15	14.00	14.90	2.50			LEMPUNG	kaku, warna abu-abu	14.00						
16	15.00	15.90						14.45	10					
17	16.00	16.90						16.00	15					
18	17.00	17.90				LEMPUNG	kaku, warna abu-abu	16.45						
19	18.00	18.90	4.00					18.00	20					
20	19.00	19.90						18.45						
21	20.00	20.90						19.00						
22	21.00	21.90						19.45						
23	22.00	22.90						20.00						
24	23.00	23.90						20.45						
25	24.00	24.90						21.00						
26	25.00	25.90						21.45						
27	26.00	26.90						22.00						
28	27.00	27.90						22.45						
29	28.00	28.90						23.00						
30	29.00	29.90						23.45						
31	30.00	30.90						24.00						
32	31.00	31.90						24.45						
33	32.00	32.90						25.00						
34	33.00	33.90						25.45						
35	34.00	34.90						26.00						
36	35.00	35.90						26.45						
37	36.00	36.90						27.00						
38	37.00	37.90						27.45						
39	38.00	38.90						28.00						
40	39.00	39.90						28.45						
41	40.00	40.90						29.00						
42	41.00	41.90						29.45						
43	42.00	42.90						30.00						
44	43.00	43.90						30.45						
45	44.00	44.90						31.00						
46	45.00	45.90						31.45						
47	46.00	46.90						32.00						
48	47.00	47.90						32.45						
49	48.00	48.90						33.00						
50	49.00	49.90						33.45						
51	50.00	50.90						34.00						
52	51.00	51.90						34.45						
53	52.00	52.90						35.00						
54	53.00	53.90						35.45						
55	54.00	54.90						36.00						
56	55.00	55.90						36.45						
57	56.00	56.90						37.00						
58	57.00	57.90						37.45						
59	58.00	58.90						38.00						
60	59.00	59.90						38.45						
61	60.00	60.90						39.00						
62	61.00	61.90						39.45						
63	62.00	62.90						40.00						
64	63.00	63.90						40.45						
65	64.00	64.90						41.00						
66	65.00	65.90						41.45						
67	66.00	66.90						42.00						
68	67.00	67.90						42.45						
69	68.00	68.90						43.00						
70	69.00	69.90						43.45						
71	70.00	70.90						44.00						
72	71.00	71.90						44.45						
73	72.00	72.90						45.00						
74	73.00	73.90						45.45						
75	74.00	74.90						46.00						
76	75.00	75.90						46.45						
77	76.00	76.90						47.00						
78	77.00	77.90						47.45						
79	78.00	78.90						48.00						
80	79.00	79.90						48.45						
81	80.00	80.90						49.00						
82	81.00	81.90						49.45						
83	82.00	82.90						50.00						
84	83.00	83.90						50.45						
85	84.00	84.90						51.00						
86	85.00	85.90						51.45						
87	86.00	86.90						52.00						
88	87.00	87.90						52.45						
89	88.00	88.90						53.00						
90	89.00	89.90						53.45						
91	90.00	90.90						54.00						
92	91.00	91.90						54.45						
93	92.00	92.90						55.00						
94	93.00	93.90						55.45						
95	94.00	94.90						56.00						
96	95.00	95.90						56.45						
97	96.00	96.90						57.00						
98	97.00	97.90						57.45						
99	98.00	98.90						58.00						
100	99.00	99.90						58.45						
101	100.00	100.90						59.00						
102	101.00	101.90						59.45						
103	102.00	102.90						60.00						
104	103.00	103.90						60.45						
105	104.00	104.90						61.00						
106	105.00	105.90						61.45						
107	106.00	106.90						62.00						
108	107.00	107.90						62.45						
109	108.00	108.90						63.00						
110	109.00	109.90						63.45						
111	110.00	110.90						64.00						
112	111.00	111.90						64.45						
113	112.00	112.90						65.00						
114	113.00	113.90						65.45						
115	114.00	114.90						66.00						
116	115.00	115.90						66.45						
117	116.00	116.90						67.00						
118	117.00	117.90						67.45						
119	118.00	118.90						68.00						
120	119.00	119.90						68.45						
121	120.00	120.90						69.00						
122	121.00	121.90						69.45						
123	122.00	122.90						70.00						
124	123.00	123.90						70.45						
125	124.00	124.90						71.00						
126	125.00	125.90						71.45						
127	126.00	126.90						72.00						
128	127.00	127.90						72.45						
129	128.00	128.90						73.00						
130	129.00	129.90						73.45						
131	130.00	130.90						74.00						
132	131.00	131.90						74.45						
133	132.00	132.90						75.00						
134	133.00	133.90						75.45						
135	134.00	134.90						76.00						
136	135.00	135.90						76.45						
137	136.00	136.90						77.00						
138	137.00	137.90						77.45						
139	138.00	138.90						78.00						
140	139.00	139.90						78.45						
141	140.00	140.90						79.00						
142	141.00	141.90						79.45						
143	142.00	142.90						80.00						
144	143.00	143.90						80.45						
145	144.00	144.90						81.00						
146	145.00	145.90						81.45						
147	146.00	146.90						82.00						
148	147.00	147.90						82.45						
149	148.00	148.90						83.00						
150	149.00	149.90						83.45						
151	150.00	150.90						84.00						
152	151.00	151.90						84.45						
153	15													



## BORE LOG

Project : Pekerjaan Rehabilitasi Talang Parit				Location : Larangan, Kabupaten Brebes Jawa Tengah				Bore Hole No : BPH-1 Page 2							
Date of drilling Run Machine Pump Master bore Drilling method Diameter of hole				September 2015 Gedek Gundih Kalkoven Rata 73 mm				Described by : Andi RA2, ST Checked by : Ir. Sri Hartiyati, MT Date of photograph : Sample store at : Semarang Ground Water Depth : - 0.50 meter				Coordinate : Elevation : Remarks : Approx :			
Date	Depth (m)	Depth (m)	Thickness (m)	sample	Sym bol	Layer Type	DESCRIPTION	Field Test SPT							
								Depth (m)	N	10	30	50			
September 2015	21	23.00	20.40			LEMPUNG Kelanauan	sedikit kulit kerang, kaku, warna abu-abu kecoklatan	20.45	27						
	22							22.05							
	23	0.00						22.45	28						
	24							24.05							
	25		24.10			LANAU Kegakolan	sangat kaku; warna coklat abu-abu	24.45	29						
	26	26.00	26.00					26.05							
	27	27.00	1.00					26.45	33						
	28							26.85							
	29	0.00				LEMPUNG Kelanauan	sedikit kulit kerang, keras, warna abu-abu	26.45	37						
	30	30.05	73.50					30.05	42						
	31		35.20			LEMPUNG kelanauan	sedikit pasir dan kulit kerang; keras, warna abu-abu kecoklatan	33.45							
	32	32.05						32.05							
	33					PASIR (terurai)	campur kerikil, padat, warna abu-abu	32.45	> 60						
	34	4.00	34.10					34.05	> 60						
	35		34.60					34.45							
	36	36.50	35.00			PASIR (terurai)	padat, warna abu-abu	36.00	> 60						
	37							36.40							
	38	4.00						36.80	> 60						
	39		37.45					37.45	> 60						
	40	40.00	39.50			End Of Boring		40.00							
			40.00					40.45	> 60						

NOTE :

NOTE :





Laboratorium Mekanika Tanah  
Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil  
Universitas Diponegoro  
Semarang

### SOIL TEST

PROYEK : Pekerjaan Rehabilitasi Talang Ponoroi  
Lokasi : Lantingan, Kabupaten Brebes  
Jawa Tengah  
Boring : BH. 1

No	Boring No	Sample Code	Depth (m)	Water Content (w) %	Specific Gravity Of Soil (Gs)	Unit weight $\gamma$ g/cm <sup>3</sup>	Dry Unit Weight $\gamma_d$ g/cm <sup>3</sup>	porosity (%)	Void Ratio (e)
1	: BH. 1	1	04.50-05.00	64.41	2.6010	1.6036	0.9754	62.50	1.9987
2		2	05.00-10.00	54.91	2.6001	1.8182	1.0453	69.24	1.4902
3		3	14.50-15.00	29.92	2.6854	1.8731	1.2878	62.05	1.0853
4		4	19.50-20.00	40.67	2.6826	1.0794	1.1931	46.52	1.2404



Laboratorium Mekanika Tanah  
Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil  
Universitas Diponegoro  
Semarang

### SOIL TEST

PROYEK : Pekerjaan Rehabilitasi Talang Percol  
Lokasi : Lirangan, Kabupaten Brebes,  
Jawa Tengah  
Boring : BH 1

No.	Boring No.	Sample Code	Depth (m)	Water Content (w) %	Specific Gravity Of Solid (G <sub>s</sub> )	Unit weight (γ) g/cm <sup>3</sup>	Dry Unit Weight (γ <sub>d</sub> ) g/cm <sup>3</sup>	porosity (n) %	Void Ratio (e)
5	: BH 1	5	-24.50-25.00	24.35	2.6818	1.6826	1.2524	53.30	1.1414
6		6	-29.50-30.00	29.48	2.6927	1.6502	1.3000	51.72	1.0714
7		7	-34.50-35.00	32.18	2.7092	1.6976	1.6133	44.84	0.7502
8		8	-39.50-40.00	8.47	2.7151	1.7097	1.6762	41.95	0.7225

# ELASTOMERIC BEARINGS



DESIGN, BUILD, MAINTAIN



**FREYSSINET**  
SUSTAINABLE TECHNOLOGY

# DIMENSIONS

The figures provided in this table relate to Type B and Type C bearings in accordance with EN 1337-3. The different values shown below may be changed as a function of the actual stresses on the bearing involved.

Main dimensions of bearings	Compression load under zero displacement	Layer thickness	Number of layers	Number of reinforcing plates (TYPE B)	Reinforcing plates thickness	TYPE B			TYPE C				Allowable rotation
						Total elastomer thickness	Total thickness of bearing	Allowable displacement	Thickness of thicker steel plates	Total elastomer thickness	Total thickness of bearing	Allowable displacement	
						t <sub>e</sub>	T	w	t <sub>s</sub>	T <sub>e</sub>	T	w	
mm	EN	mm			mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	in rad
100x150 100x200	120 179	8	2 3	3 4	3	21 29	30 41	21 29	15	16 24	49 60	16 24	21 31
150x200 150x250 150x300	408 558 715	8	2 3 4	3 4 5	3	21 29 37	30 41 52	21 29 37	15	16 24 32	49 60 71	16 24 32	10 15 20
200x250 200x300 200x350 200x400	803 1043 1290 1547	8	3 4 5 6	4 5 6 7	3	29 37 45 53	41 52 63 74	29 37 45 53	15	24 32 40 48	60 71 82 93	24 32 40 48	8 10 13 16
M200	625	8	2 3 4	3 4 5	3	21 29 37	30 41 52	21 29 37	15	16 24 32	49 60 71	16 24 32	9 14 19
M250	1578	8	2 3 4	3 4 5	3	21 29 37	30 41 52	21 29 37	15	16 24 32	49 60 71	16 24 32	8 12 16
250x300 250x400	1608 2425	8	3 4 5 6 7	4 5 6 7 8	3	29 37 45 53 61	41 52 63 74 85	29 37 45 53 61	15	24 32 40 48 56	60 71 82 93 104	24 32 40 48 56	6 8 10 12 14
M300	2038	8	4 5 6	5 6 7	3	37 45 53	52 63 74	37 45 53	15	32 40 48	71 82 93	32 40 48	9 11 14
M350	3598	8	3 4 5 6 7	4 5 6 7 8	3	29 37 45 53 61	41 52 63 74 85	29 37 45 53 61	15	24 32 40 48 56	60 71 82 93 104	24 32 40 48 56	5 7 9 10 12
300x400 300x500 300x600	2036 2787 3549	10	3 4 5 6	4 5 6 7	4	41 53 65 77	57 73 89 105	41 53 65 77	20	36 48 60 72	84 100 116 132	36 48 60 72	8 10 13 15
350x450	3891	10	3 4 5 6 7	4 5 6 7 8	4	41 53 65 77 89	57 73 89 105 121	41 53 65 77 89	20	36 48 60 72 84	84 100 116 132 148	36 48 60 72 84	7 9 11 13 15
M400	5220	10	3 4 5 6	4 5 6 7	4	41 53 65 77	57 73 89 105	41 53 65 77	20	36 48 60 72	84 100 116 132	36 48 60 72	7 10 12 15
400x500	4454	10	4 5 6 7 8	5 6 7 8 9	4	53 65 77 89 101	73 89 105 121 137	53 65 77 89 101	20	48 60 72 84 96	100 116 132 148 164	48 60 72 84 96	7 9 11 12 14
400x600	5778	10	4 5 6 7 8	5 6 7 8 9	4	53 65 77 89 101	73 89 105 121 137	53 65 77 89 101	20	48 60 72 84 96	100 116 132 148 164	48 60 72 84 96	7 8 10 12 13
M450	5204	10	3 4 5 6	4 5 6 7	4	41 53 65 77	57 73 89 105	41 53 65 77	20	36 48 60 72	84 100 116 132	36 48 60 72	7 9 11 13
450x600	6891	10	4 5 6 7 8 9	5 6 7 8 9 10	4	53 65 77 89 101 113	73 89 105 121 137 153	53 65 77 89 101 113	20	48 60 72 84 96 108	100 116 132 148 164 180	48 60 72 84 96 108	6 7 8 10 11 13

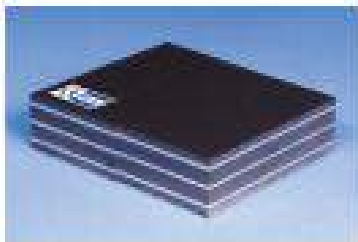
The loading limits given in this table correspond to the loading of a bearing device to the ULS, in accordance with the verification requirements of standard EN 1337-3-2005.

Plan dimensions of bearings	Compression load under zero displacement	Layer thickness	Number of layers	Number of reinforcing plates (Type A)	Reinforcing plates thickness	TYPE B			TYPE C				Allowable rotation
						total elastomer thickness	total thickness of bearing	Allowable displacement	thickness of thicker steel plates	total elastomer thickness	total thickness of bearing	Allowable displacement	
a,b, D	F	t	n	ms	ts	be	t	w	ts	te	T	w	α
mm	kN	mm			mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	in (°)
Ø150	6040	12	3	4	4	41	57	41	20	36	84	36	5
			4	5		53	73	53		48	100	48	7
			5	6		65	89	65		60	116	60	9
			6	7		77	105	77		72	132	72	11
			7	8		89	121	89		84	148	84	13
500x500	8262	12	4	5	4	53	73	53	20	48	100	48	5
			5	6		65	89	65		60	116	60	6
			6	7		77	105	77		72	132	72	7
			7	8		89	121	89		84	148	84	9
			8	9		101	137	101		96	164	96	10
			9	10		113	153	113		108	180	108	11
			10	11		125	169	125		120	196	120	12
Ø150 Ø600	8825 12561	12	4	5	4	53	73	53	20	48	100	48	6
			5	6		65	89	65		60	116	60	7
			6	7		77	105	77		72	132	72	8
			7	8		89	121	89		84	148	84	10
			8	9		101	137	101		96	164	96	11
600x600	8214	16	4	5	5	69	94	69	20	64	109	64	6
			5	6		85	115	85		80	130	80	8
			6	7		101	136	101		96	151	96	9
			7	8		117	157	117		112	172	112	11
			8	9		133	178	133		128	193	128	12
600x700	10329	16	4	5	5	69	94	69	20	64	109	64	6
			5	6		85	115	85		80	130	80	7
			6	7		101	136	101		96	151	96	9
			7	8		117	157	117		112	172	112	10
			8	9		133	178	133		128	193	128	12
600x700 Ø700 Ø750	13749 10553 13949	16	4	5	5	69	94	69	20	64	109	64	5
			5	6		85	115	85		80	130	80	6
			6	7		101	136	101		96	151	96	7
			7	8		117	157	117		112	172	112	9
			8	9		133	178	133		128	193	128	10
700x800	16772	16	4	5	5	69	94	69	20	64	109	64	5
			5	6		85	115	85		80	130	80	6
			6	7		101	136	101		96	151	96	7
			7	8		117	157	117		112	172	112	8
			8	9		133	178	133		128	193	128	10
800x800 Ø800 Ø850	19054 13588 14894	20	4	5	5	85	110	85	20	80	125	80	4
			5	6		105	135	105		100	150	100	6
			6	7		125	160	125		120	175	120	7
			7	8		145	185	145		140	200	140	9
			8	9		165	210	165		160	225	160	10
900x900 Ø900	20971 16951	20	4	5	5	105	135	105	20	100	150	100	6
			5	6		125	160	125		120	175	120	7
			6	7		145	185	145		140	200	140	8
			7	8		165	210	165		160	225	160	9
			8	9		185	235	185		180	250	180	10
			9	10		205	260	205		200	275	200	11
			10	11		225	285	225		220	300	220	12
			11	12									

Figures provided as examples. Other sizes are available as a function of the requirements linked to a given application. Contact Freyssinet.



## ELASTOMERIC BEARING TYPES

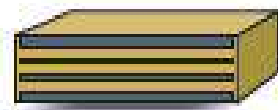


### Standard bearings

Bearings are individually moulded and the reinforcing plates are completely buried in the elastomer with at least 4mm lateral cover and generally 2.5mm thick (type B) outside layers with the exception of bearings provided with thick external bands (type C).

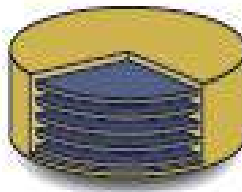


Type B



Type C

These bearings may have a rectangular, square or circular section. They may also have holes for running specific materials through (cross bar anchor), for fitting damping material or for reducing vertical stiffness.

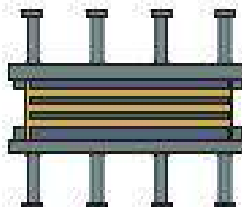


### Bearings with anchor plates

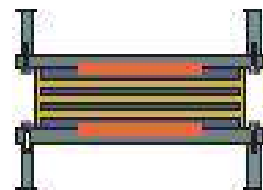
Freyssinet offers several solutions appropriate for different configurations, considering the variety of construction methods for structures and the stresses transmitted by bearings.



Bearings fitted with corrugated outer plates to guarantee full connexion.



Bearings fitted with outer plates, anchor plates and connexion devices.



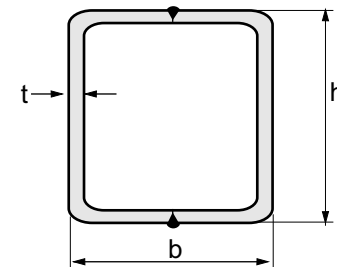
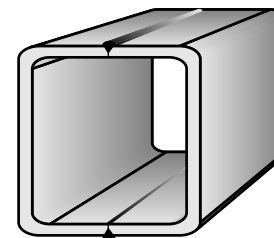
Bearings fitted with outer plates, anchor plates and shear discs.





METRIC SIZE

DIMENSION	H	B	t	R	WEIGHT	AREA	MOMENT OF INERTIA	MOMENT OF RESISTANT	RADIUS OF GYRATION
							$I_x = I_y$	$Z_x = Z_y$	$i_x = i_y$
	mm	mm	mm	mm	kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
180	180	6.30	18	33.56	42.41	2,095.65	232.85	7.03	
180	180	8.00	18	41.92	52.84	2,545.86	282.87	6.94	
180	180	10.00	18	51.36	64.57	3,016.80	335.20	6.84	
220	220	6.30	18	41.48	52.49	3,939.93	358.18	8.66	
220	220	8.00	18	51.96	65.64	4,828.01	438.91	8.58	
220	220	10.00	18	63.92	80.57	5,782.46	525.68	8.47	
200	200	8.00	18	46.94	59.24	3,566.25	356.63	7.76	
200	200	9.00	18	52.34	66.67	3,990.00	399.00	7.73	
200	200	10.00	18	57.64	72.57	4,251.06	425.11	7.65	
200	200	12.00	18	67.92	86.53	4,980.00	498.00	7.59	
250	250	8.00	18	59.50	75.24	7,229.20	578.34	9.80	
250	250	9.00	18	66.48	84.67	8,090.00	647.00	9.78	
250	250	10.00	18	73.34	92.57	8,706.67	696.53	9.70	
250	250	12.00	18	86.76	110.50	10,300.00	820.00	9.63	
250	250	16.00	45	112.38	138.80	12,000.00	964.00	9.32	
260	260	6.30	18	49.38	62.57	6,634.95	510.38	10.30	
260	260	8.00	18	62.00	78.44	8,178.02	629.08	10.21	
260	260	10.00	18	76.48	96.57	9,864.65	758.82	10.11	
260	260	11.00	18	83.56	105.41	10,656.87	819.76	10.06	
300	300	8.00	18	72.06	91.24	12,800.69	853.38	11.84	
300	300	9.00	18	80.60	102.70	14,300.00	956.00	11.80	
300	300	10.00	18	89.04	112.57	15,519.37	1,034.62	11.74	
300	300	12.00	18	105.60	134.50	18,300.00	1,220.00	11.70	
300	300	16.00	45	137.50	170.80	22,100.00	1,470.00	11.40	
350	350	9.00	18	94.74	120.70	23,200.00	1,320.00	13.90	
350	350	12.00	18	124.44	158.50	29,800.00	1,700.00	13.70	
350	350	16.00	45	162.62	202.80	36,500.00	2,090.00	13.40	
350	350	19.00	45	190.18	233.80	40,700.00	2,320.00	13.20	
400	400	12.00	18	143.28	180.10	44,300.00	2,220.00	15.70	
400	400	16.00	45	187.74	234.80	56,200.00	2,810.00	15.50	
400	400	19.00	45	220.02	271.80	63,100.00	3,160.00	15.20	
400	400	22.00	75	251.34	300.20	66,200.00	3,310.00	14.80	
400	400	25.00	75	281.74	346.00	76,500.00	3,830.00	14.90	
450	450	12.00	18	162.12	204.10	64,200.00	2,850.00	17.70	
450	450	16.00	45	212.86	266.80	81,800.00	3,640.00	17.50	
450	450	19.00	45	249.84	309.80	92,600.00	4,120.00	17.30	
450	450	22.00	75	285.88	344.20	98,500.00	4,380.00	16.90	
450	450	25.00	75	321.00	396.00	113,600.00	5,050.00	16.90	
500	500	12.00	18	180.96	228.10	89,300.00	3,570.00	19.80	
500	500	16.00	45	237.98	298.80	114,000.00	4,570.00	19.60	
500	500	19.00	45	279.68	347.80	130,000.00	5,200.00	19.30	
500	500	22.00	75	320.42	388.20	140,000.00	5,590.00	19.00	
500	500	25.00	75	360.24	446.00	160,900.00	6,440.00	19.00	
550	550	12.00	18	199.80	252.10	120,100.00	4,370.00	21.80	
550	550	16.00	45	263.10	330.80	154,500.00	5,620.00	21.60	
550	550	19.00	45	309.50	388.10	178,500.00	6,490.00	21.40	
550	550	22.00	75	354.96	443.90	200,800.00	7,300.00	21.30	
550	550	25.00	75	399.50	496.00	219,800.00	7,990.00	21.00	
600	600	12.00	18	218.64	276.10	157,300.00	5,240.00	23.80	
600	600	16.00	45	288.22	362.80	203,000.00	6,770.00	23.70	
600	600	19.00	45	339.34	426.10	235,100.00	7,840.00	23.50	
600	600	22.00	75	389.50	487.90	265,200.00	8,840.00	23.30	
600	600	25.00	75	438.74	546.00	291,400.00	9,710.00	23.10	
650	650	12.00	18	237.48	300.10	201,500.00	6,200.00	25.90	
650	650	16.00	45	313.34	394.80	260,800.00	8,020.00	25.70	
650	650	19.00	45	369.16	464.10	302,500.00	9,310.00	25.50	
650	650	22.00	75	424.04	531.90	342,100.00	10,520.00	25.40	
650	650	25.00	75	478.00	596.00	377,000.00	11,600.00	25.10	
700	700	12.00	18	256.32	324.10	253,300.00	7,240.00	28.00	
700	700	16.00	45	338.46	426.80	328,500.00	9,380.00	27.70	
700	700	19.00	45	399.00	502.10	381,800.00	10,910.00	27.60	
700	700	22.00	75	458.58	575.90	432,500.00	12,360.00	27.40	
700	700	25.00	75	517.24	646.00	477,900.00	13,650.00	27.20	



## CHEMICAL COMPOSITION

GRADE	C (%) Max	Mn (%)	Si (%)	P (%) Max	S (%) Max
SS 400	-	-	-	0.040	0.040
A 36	0.25	1.40	1.40	0.040	0.040
SM 490 A & B	0.20	1.60 Max	0.55Max	0.035	0.035
GR 50 A	0.23	1.60 Max	0.55Max	0.050	0.050

## MECHANICAL PROPERTIES

GRADE	Y.S (Mpa)			T.S (Mpa)	E (%)
	t ≤ 16 mm	16 mm ≤ t ≤ 40 mm	t ≤ 40 mm		
SS 400	245	235	215	400 - 510	21
A 36	250	250	250	400 - 550	20
SM 490 A & B	325	315	295	490 - 610	17
GR 50 A	355	345	340	490 - 640	18

## NOTE :

- Standard length 6 m and 12 m
- Thickness Max. 25 mm
- Other specification/standard size on request can also be supplied
- Size 100 x 100 S/d 1000 x 1000 mm

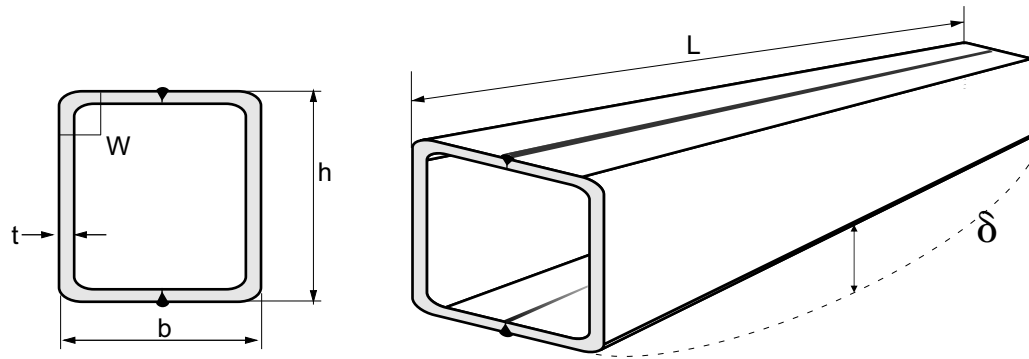
continue.....>>

## HEAD OFFICE & FACTORY

Jl. Imam Bonjol 4, Warung Bongkok,  
Sukadana, Cikarang Barat,  
Bekasi 17520, West Java, INDONESIA  
Forming Department  
Phone DID : (62-21) 898 38 291 - 296  
Phone Flexy : (021) 7085 3154 - 158  
Fax : (62-21) 898 38 298  
e-mail : pji01@grdsteel.com  
pji02@grdsteel.com



## SHAPED AND TOLERANCE



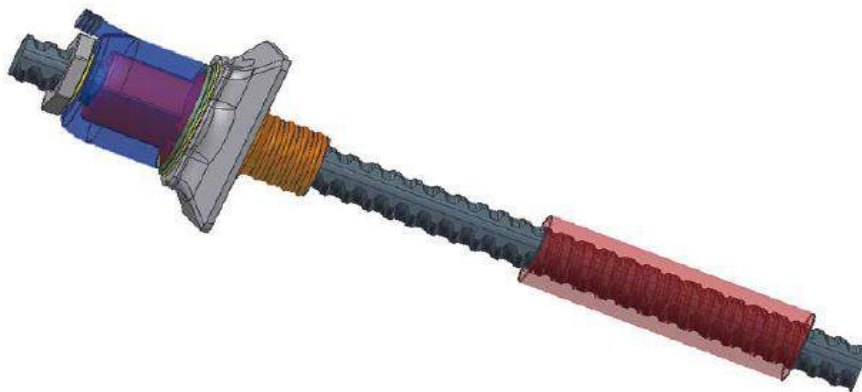
DESCRIPTION	TOLERANCE
Length (L)	- 0 + 50 mm
Cross-Section (B)	JIS G 3466
Depletion ( $\delta$ )	1/1000 length max
Squareness (W)	$\pm 20$
Twisting	$\pm 4$ mm
Thickness	JIS G 3193

### Standard :

- Specification standard JIS & ASTM
- Material Standard SS 400, A36 & GR 50 A, B, C
- Bigger dimension will be produced, if there confirm before
- Semi Welding joint, partial penetration (AWS - D1.1 - 96 )



## DYWIDAG Prestressing Systems using Bars



### Technical data

		THREADBAR <sup>®</sup>						Plain bar	
Designation	—	—	26 WR	32 WR	36 WR	40 WR	47 WR	32 WS	36 WS
Nominal diameter	$d_n$	mm	26.5	32	36	40	47	32	36
Cross section area	$S_n$	mm <sup>2</sup>	552	804	1018	1257	1735	804	1018
Nominal mass per metre	M	kg/m	4.48 <sup>1)</sup>	6.53 <sup>1)</sup>	8.27 <sup>1)</sup>	10.21 <sup>1)</sup>	14.10 <sup>1)</sup>	6.31	7.99
Pitch	c	mm	13	16	18	20	21	3.0	3.0
Characteristic breaking load	$F_{tk}$	kN	580	845	1070	1320	1820	845	1070
Max. initial stressing force $P_{m0,max} = S_n \times 0.8 \times f_{p,k}$		kN	464	676	856	1056	1456	676	856
Max. oversteering force $P_{0,max} = S_n \times 0.95 \times f_{p0,1k}$		kN	499	722	912	1130	1567	722	912

1) The nominal mass per metre includes 3.5% not load bearing portion of ribs.



Form AK/TA-04  
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It42, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: BIRAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
NAMA MAHASISWA	: BINTANG MAHARDHIKA
NRP	: 3113100013
JUDUL TUGAS AKHIR	: PERFEKSIAN MODIFIKASI RANGKA BUKU BAJA PADA JEMBATAN PETAJI PENGAT DAMPER SEBAGAI LATERAL STOPPER
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	: 055 005

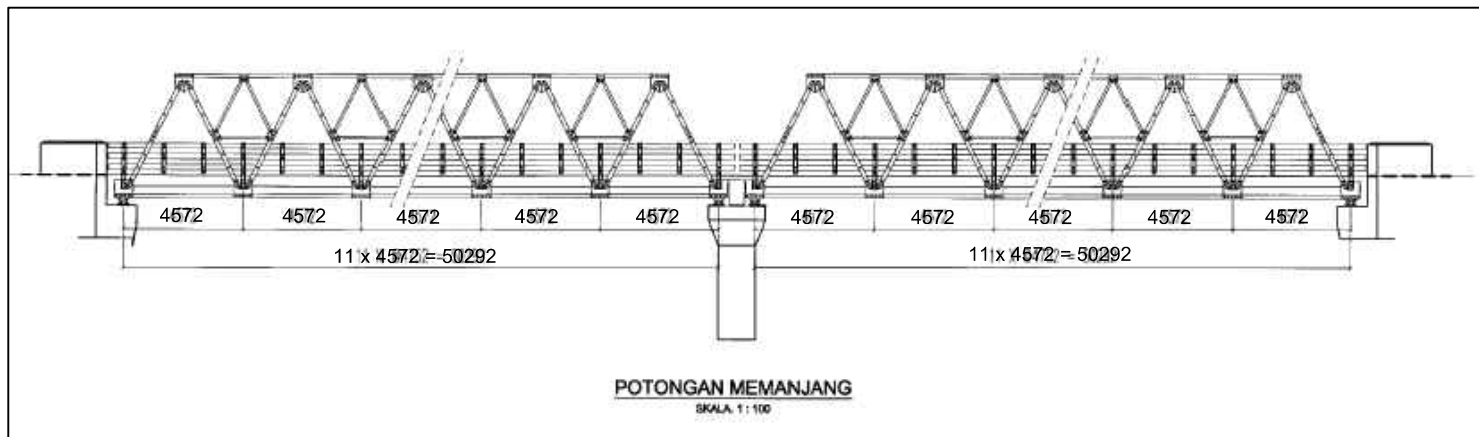
NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1)		1. cek Batok memanjang & melintang	• Batok memanjang optimal	
2)		2. Pemodelan 2D	• Stress ratio (Hydro / optimal)	
3)		Pemodelan 3D	• Penentuan bentuk Sambungan	
4)		cek pembebanan pada SAP	cek kombinasi pembebanan	
5)		Pengecekan rangka utama jembatan	pengukuran profil rangka utama	
6)		Pembebanan SAP 3P	pengukuran profil ikutan angin	
7)		desain ikutan angin rangka dan lantai	cek pembebanan gaya gempa	
8)		Pemfungsian Gaya Gempa dan Rem	cek kekuatan damper	
9)		Pemfungsian damper jembatan	pengukuran rangka atas	
10)		efektifitas damper dalam menahan gempa lateral	Sambungan	
11)		Pengukuran rangka atas dan threaded	cek elastomer dan gambar sambungan	
12)		Desain sambungan baut dan elastomer	jenis anchor sambungan dan Bantalan elastomer, gambar damper 2 arah	
13)		Gambar sambungan dan damper	Bangunan bawah	
14)		Cek Sambungan dan gambar	cek dimensi abutment dan kontrol tang pancang	
15)		Pengecekan Bangunan bawah (abutment)	revisi gambar	
16)		Kontrol abutment, tang pancang, dan gambar	revisi gambar	
17)		Cek Gambar	revisi gambar	
18)		Cek Gambar	revisi gambar	
19)		Cek Gambar	revisi gambar	
20)		Cek Gambar	revisi gambar	



PROGRAM SARJANA  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA GAMBAR :  
POTONGAN MEMANJANG SEBELUM  
MODIFIKASI

KETERANGAN :



NAMA MAHASISWA	NRP
BINTANG MAHARDHIKA	3113 100 013
DOSEN PEMBIMBING	NIP
ENDAH WAHYUNI,ST.,M.Sc.,Ph.D.	1970020111995122001
No. GBR	JMLH GBR
1	23



PROGRAM SARJANA  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

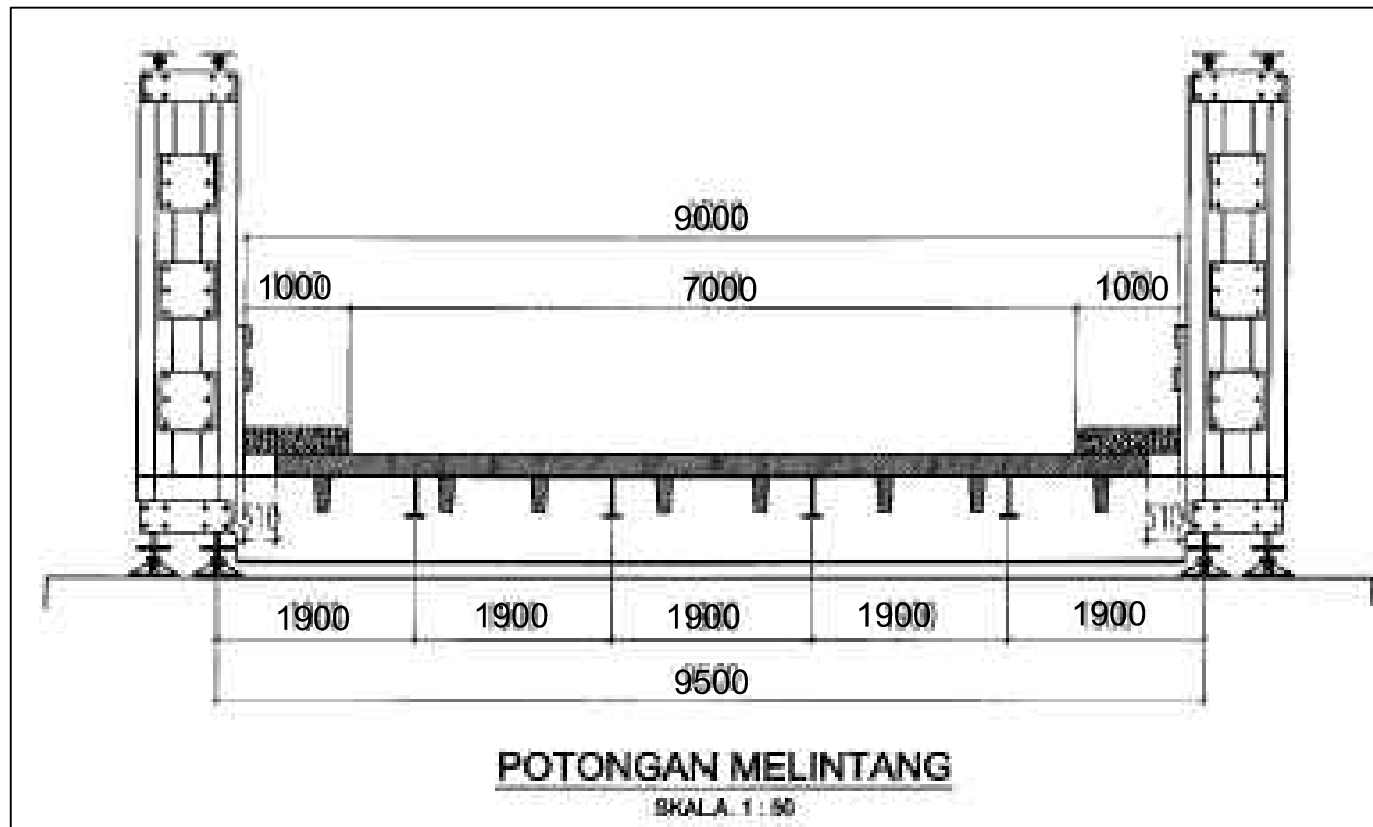
NAMA GAMBAR :  
POTONGAN MELINTANG SEBELUM  
MODIFIKASI

KETERANGAN :

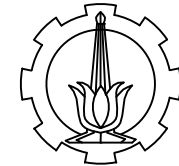
NAMA MAHASISWA	NRP
BINTANG MAHARDHIKA	3113 100 013
DOSEN PEMBIMBING	NIP
ENDAH WAHYUNI,ST.,M.Sc.,Ph.D.	1970020111995122001
No. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR

2

23







**PROGRAM SARJANA**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA**

NAMA GAMBAR :

POTONGAN MEMANJANG SETELAH MODIFIKASI

KETERANGAN :

- PROFIL BATANG TEPI BAWAH SEGMENT 3: BOX 400x400x16
- PROFIL BATANG TEPI BAWAH SEGMENT 2: BOX 400x400x16
- PROFIL BATANG TEPI BAWAH SEGMENT 1: BOX 400x400x16
- PROFIL BATANG TEPI ATAS SEGMENT 3: BOX 400x400x25
- PROFIL BATANG TEPI ATAS SEGMENT 2: BOX 500x500x22
- PROFIL BATANG TEPI ATAS SEGMENT 1: BOX 500x500x25
- PROFIL BATANG DIAGONAL SEGMENT 3: BOX 220x220x10
- PROFIL BATANG DIAGONAL SEGMENT 1,2: BOX 180x180x10
- PROFIL BATANG VERTIKAL: BOX 180x180x8
- PROFIL BATANG TARIK: BOX 500x500x22
- BATANG PENGGANTUNG BAJA ULIR DIAMETER 47 mm

SKALA 1:100

NAMA MAHASISWA

NRP

BINTANG MAHARDHIKA

3113 100 013

DOSEN PEMBIMBING

NIP

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.

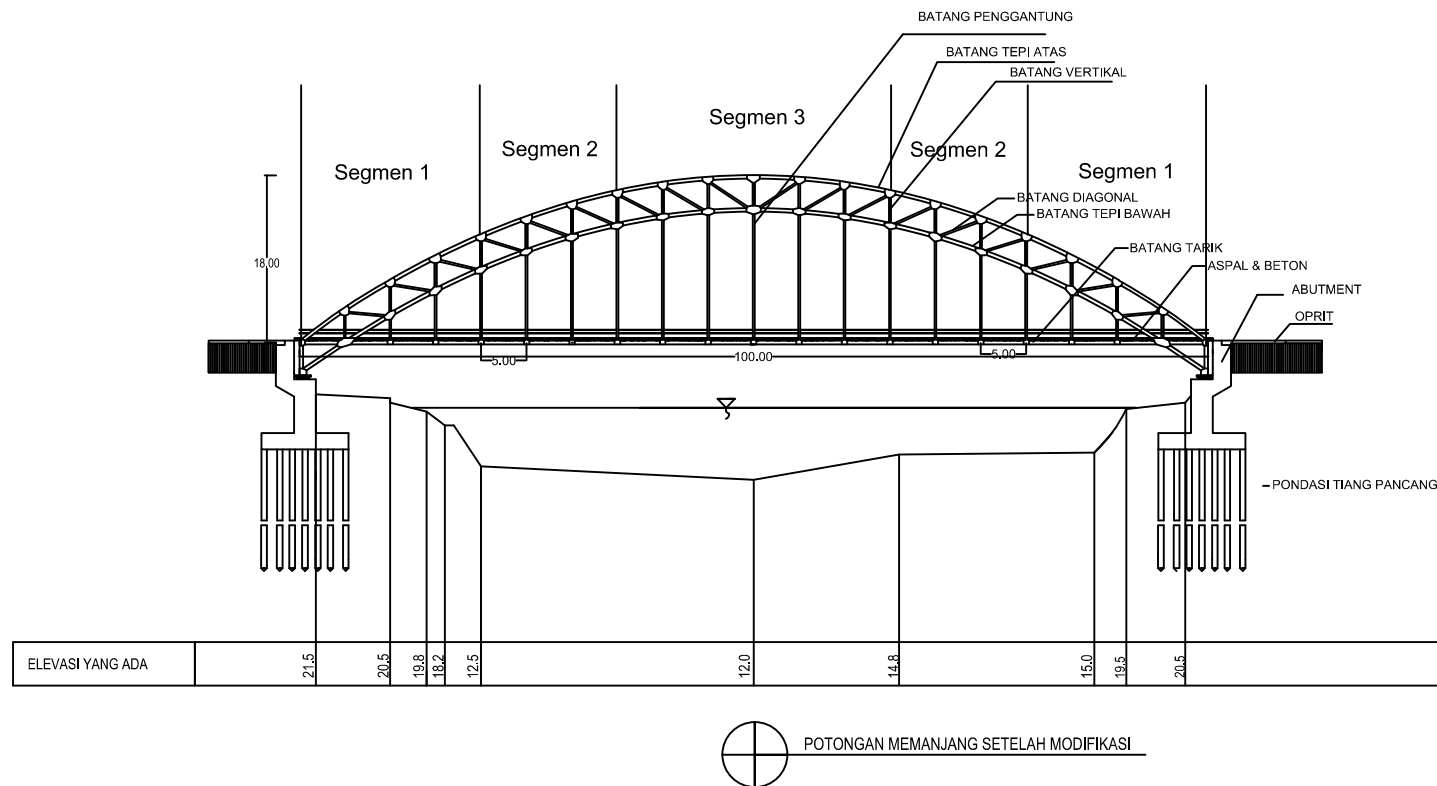
1970020111995122001

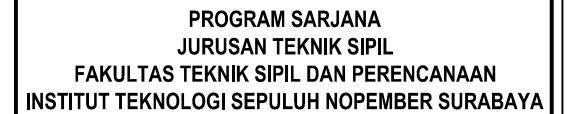
No. GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

3

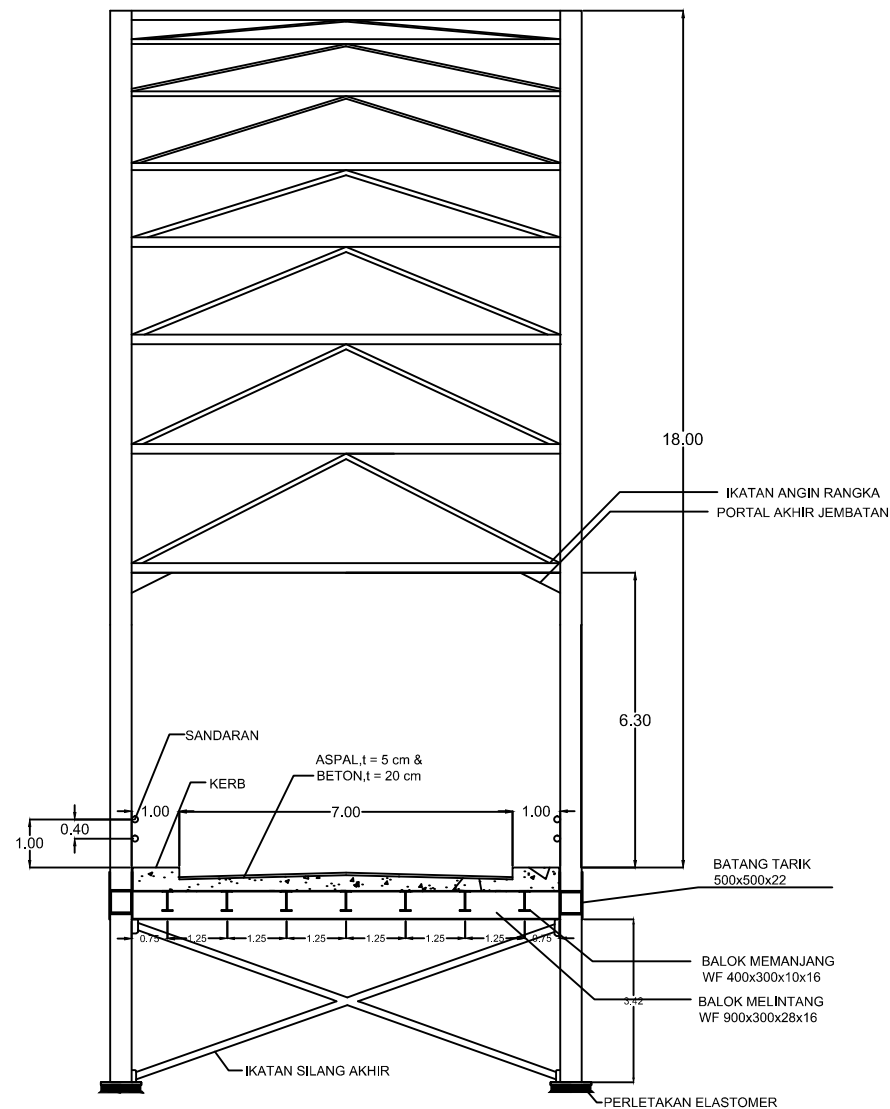
23





TAMPAK MELINTANG SESUDAH MODIFIKASI

- PROFIL BALOK MEMANJANG: WF 400x300x10x16
- PROFIL BALOK MELINTANG: WF 900x300x28x16
- PROFIL IKATAN ANGIN RANGKA L 120x120x13
- PROFIL IKATAN SILANG AKHIR: BOX 180x180x8
- ELASTOMER 600x600
- TEBAL ASPAL 5 cm DENGAN KEMIRINGAN 2 %
- TEBAL PELAT LANTAI KENDARAAN 20 cm



POTONGAN MELINTANG SESUDAH MODIFIKASI  
SKALA 1 : 50

NAMA MAHASISWA	NRP
BINTANG MAHARDHIKA	3113 100 013
DOSEN PEMBIMBING	NIP
ENDAH WAHYUNI,ST.,M.Sc.,Ph.D.	1970020111995122001
No. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
4	23



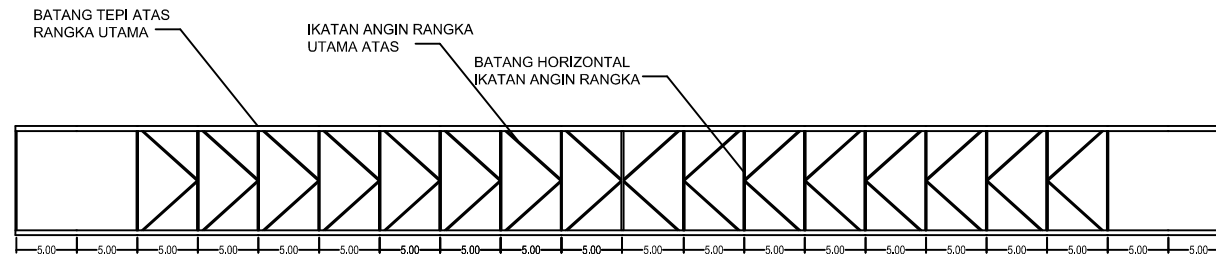
PROGRAM SARJANA  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA GAMBAR :

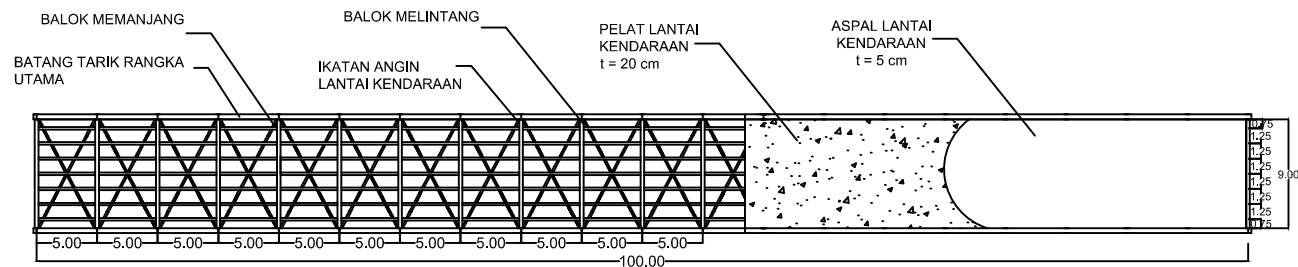
IKATAN ANGIN DAN DENAH LANTAI  
KENDARAAN SETELAH MODIFIKASI

KETERANGAN :

PROFIL IKATAN ANGIN RANGKA L 120x120x13  
PROFIL IKATAN ANGIN LANTAI KENDARAAN BOX 220x220x8  
PROFIL BALOK MELINTANG WF 400x300x10x16  
PROFIL BALOK MEMANJANG WF 900x300x28x16



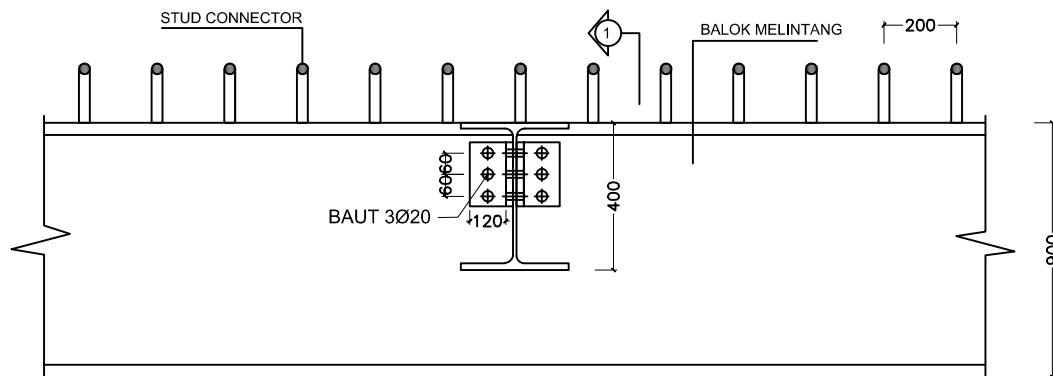
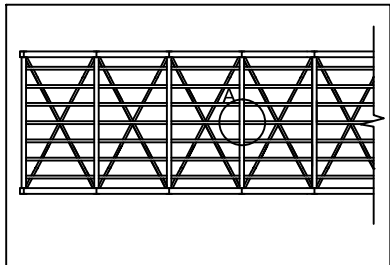
IKATAN ANGIN RANGKA ATAS  
SKALA 1:100



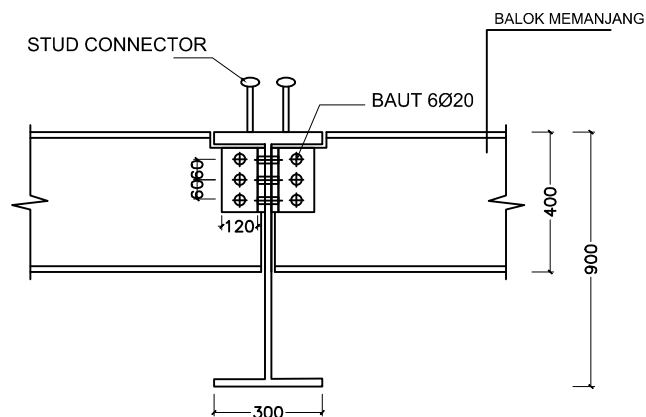
DENAH LANTAI KENDARAAN JEMBATAN

SKALA 1:100

NAMA MAHASISWA	NRP
BINTANG MAHARDHIKA	3113 100 013
DOSEN PEMBIMBING	NIP
ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.	1970020111995122001
No. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
5	23



DETAIL A



POTONGAN 1-1

### SAMBUNGAN BALOK MEMANJANG DAN MELINTANG



PROGRAM SARJANA  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

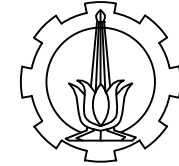
NAMA GAMBAR :  
DETAIL SAMBUNGAN BALOK MEMANJANG DAN BALOK  
MELINTANG

- PROFIL BALOK MEMANJANG: WF 400x300x10x16  
- PROFIL BALOK MELINTANG: WF 900x300x28x16

SKALA 1 : 50

NAMA MAHASISWA	NRP
BINTANG MAHARDHIKA	3113 100 013
DOSEN PEMBIMBING	NIP
ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.	1970020111995122001
NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
6	23





PROGRAM SARJANA  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA GAMBAR :

DETAIL SAMBUNGAN IKATAN ANGIN RANGKA

KETERANGAN :

PROFIL IKATAN ANGIN ATAS L 120.120.13  
PROFIL BATANG HORIZONTAL IKATAN ANGIN I 180x180x8

SKALA 1 : 50

NAMA MAHASISWA

NRP

BINTANG MAHARDHIKA

3113 100 013

DOSEN PEMBIMBING

NIP

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.

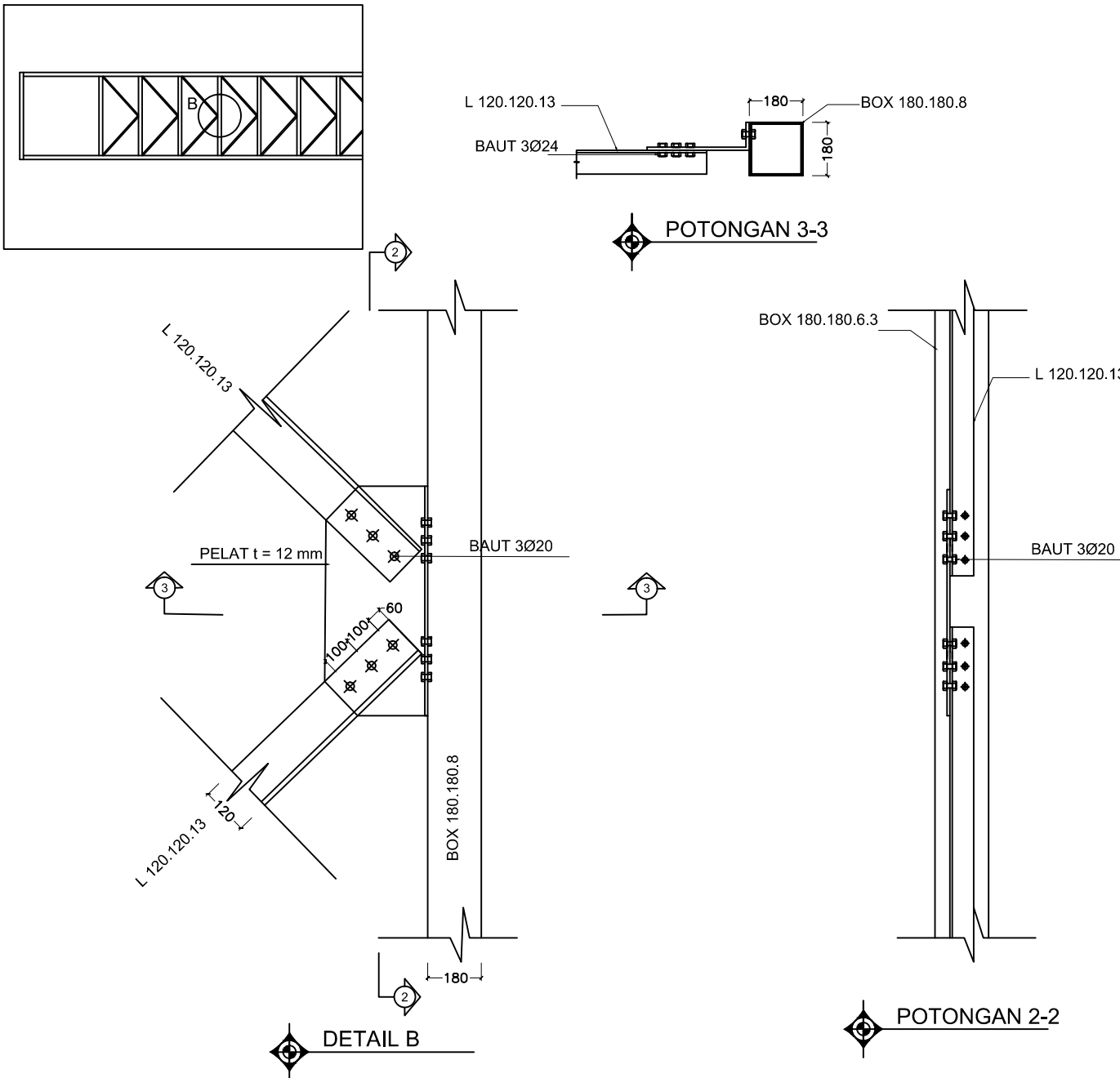
1970020111995122001

NO GAMBAR

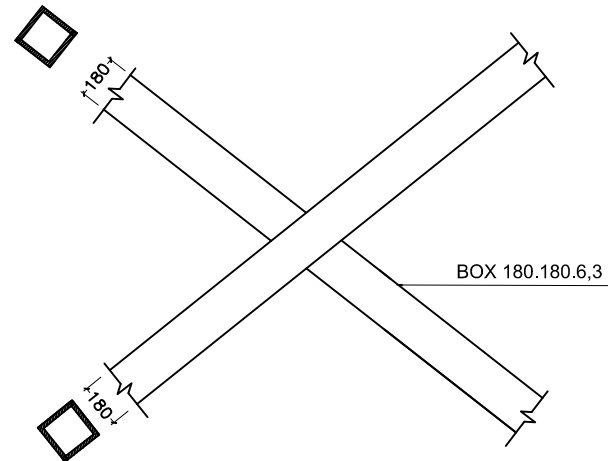
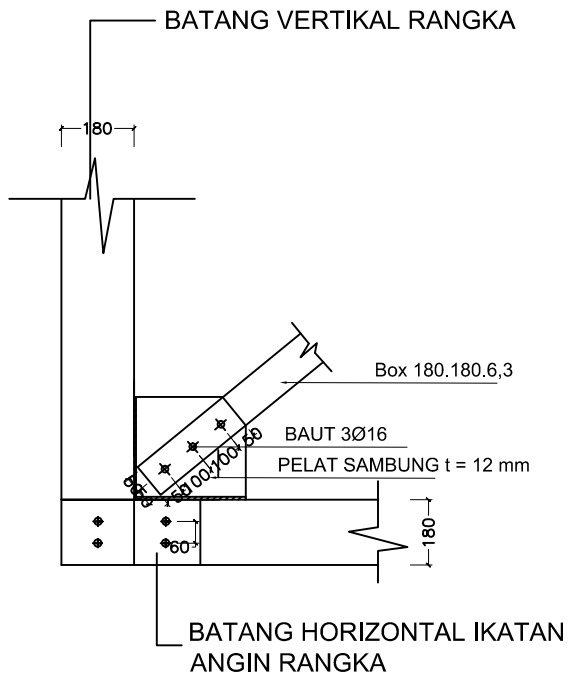
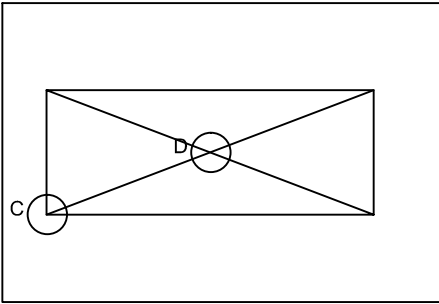
JUMLAH GAMBAR

7

23



SAMBUNGAN IKATAN ANGIN RANGKA



## SAMBUNGAN IKATAN SILANG IKATAN ANGIN RANGKA



**PROGRAM SARJANA**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA**

NAMA GAMBAR :

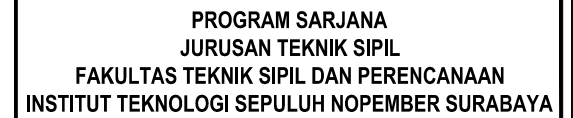
DETAIL SAMBUNGAN IKATAN SILANG RANGKA

KETERANGAN :

PROFIL BATANG VERTIKAL RANGKA BOX 180x180x8  
 PROFIL IKATAN ANGIN SILANG RANGKA BOX180x180x6,3  
 PROFIL BATANG HORIZONTAL IKATAN ANGIN I 180x180x8

**SKALA 1 : 50**

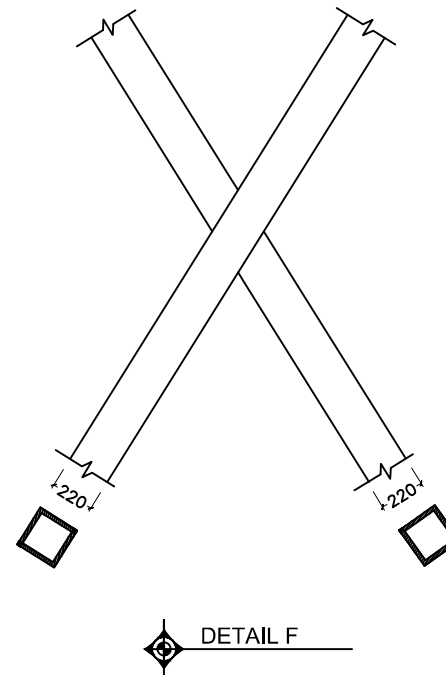
NAMA MAHASISWA	NRP
BINTANG MAHARDHIKA	3113 100 013
DOSEN PEMBIMBING	NIP
ENDAH WAHYUNI,ST.,M.Sc.,Ph.D.	1970020111995122001
NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
8	23



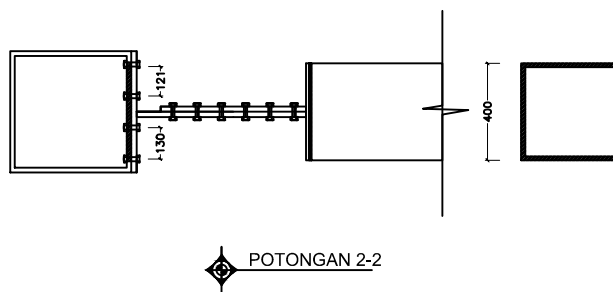
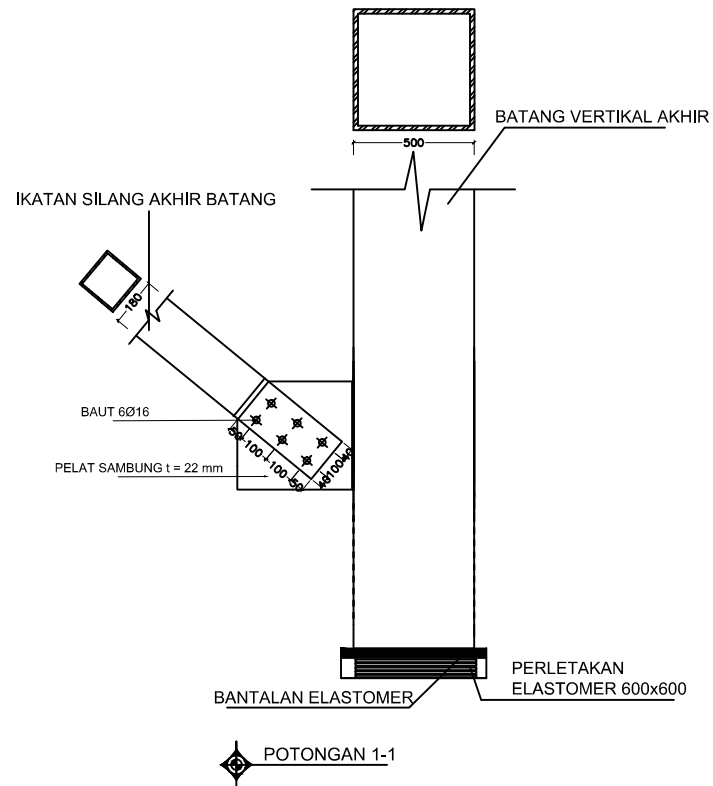
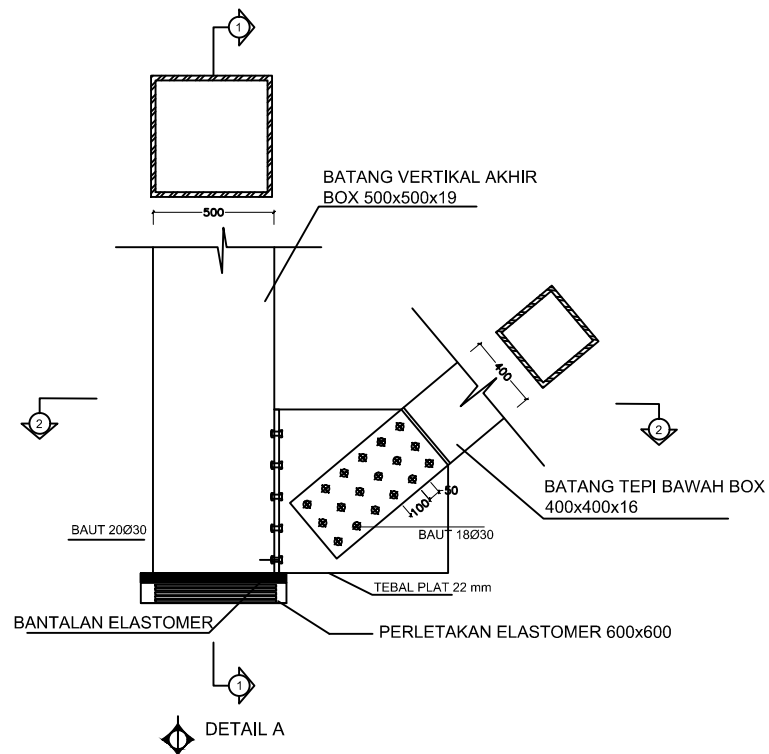
### DETAIL SAMBUNGAN IKATAN ANGIN LANTAI KENDARAAN

PROFIL IKATAN ANGIN LANTAI KENDARAAN L 120x120x13  
PROFIL BALOK MELINTANG: WF 900x300x28x16  
PROFIL BATANG TARIK 500x500x22

NAMA MAHASISWA	NRP
BINTANG MAHARDHIKA	3113 100 013
DOSEN PEMBIMBING	NIP
ENDAH WAHYUNI,ST.,M.Sc.,Ph.D.	19700201111995122001
NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
9	23



## SAMBUNGAN IKATAN ANGIN LANTAI



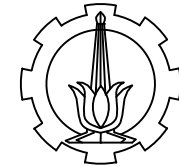
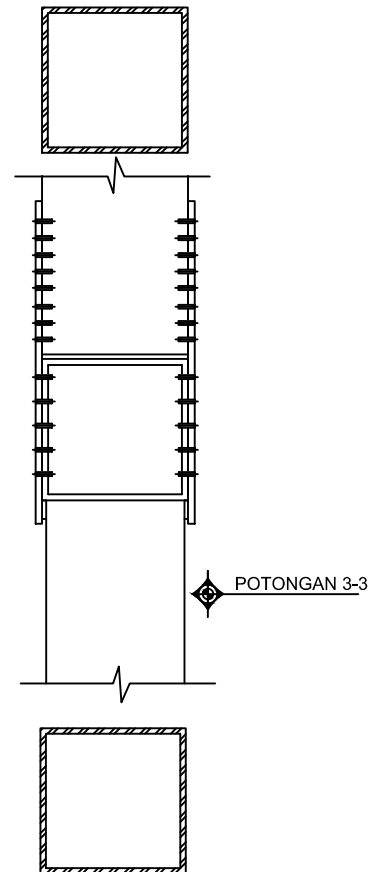
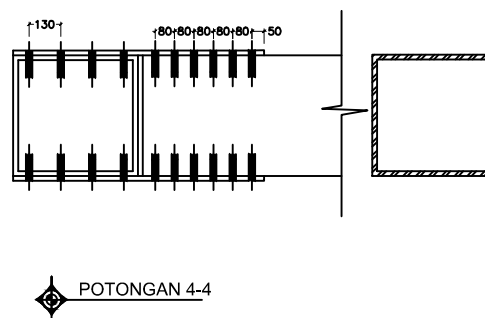
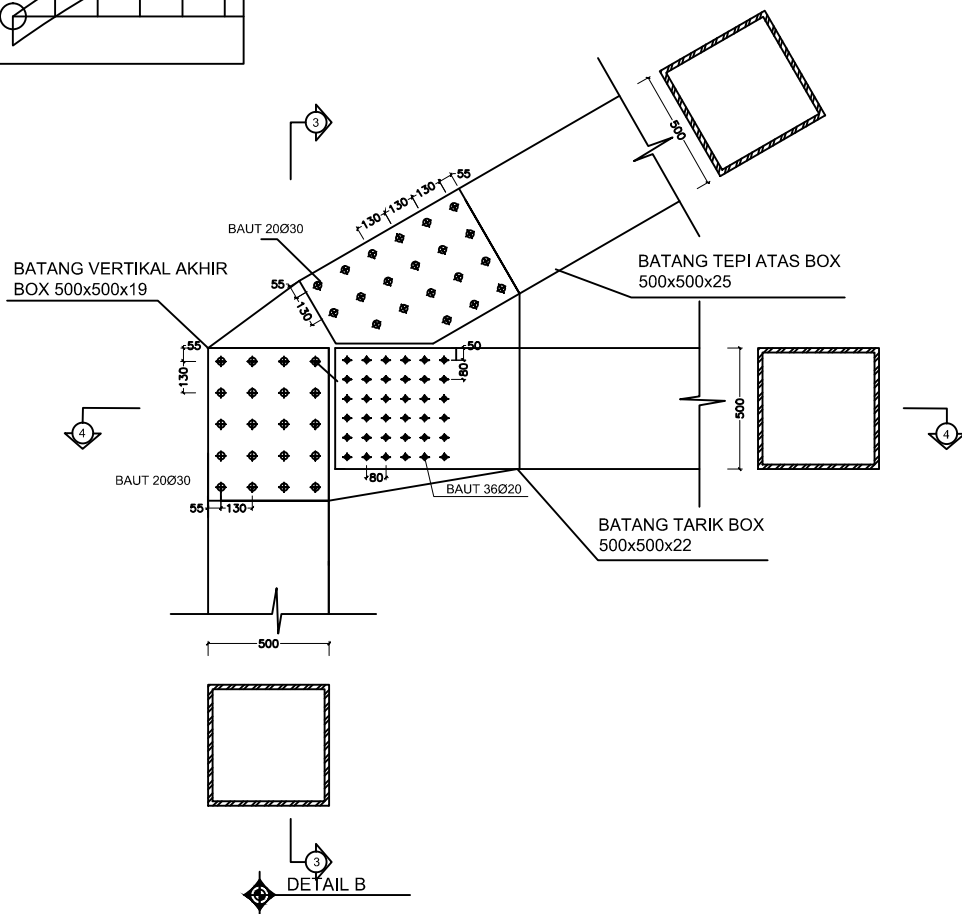
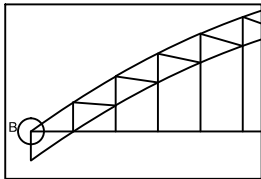
PROGRAM SARJANA  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA GAMBAR :  
DETAIL SAMBUNGAN A RANGKA UTAMA

KETERANGAN :  
PROFIL BATANG VERTIKAL AKHIR BOX 500x500x19  
PROFIL IKATAN SILANG AKHIR LANTAI BOX 180x180x8  
ELASTOMER 600X600

SKALA 1:20

NAMA MAHASISWA	NRP
BINTANG MAHARDHIKA	3113 100 013
DOSEN PEMBIMBING	NIP
ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.	1970020111995122001
No. GBR	JMLH GBR
10	23



PROGRAM SARJANA  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA GAMBAR :

DETAIL SAMBUNGAN B RANGKA UTAMA

KETERANGAN :

PROFIL BATANG TEPI ATAS BOX 500x500x25

PROFIL BATANG TARIK BOX 500x500x22

PROFIL BATANG VERTIKAL AKHIR 500x500x19

SKALA 1:20

NAMA MAHASISWA

NRP

BINTANG MAHARDHIKA

3113 100 013

DOSEN PEMBIMBING

NIP

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.

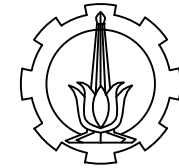
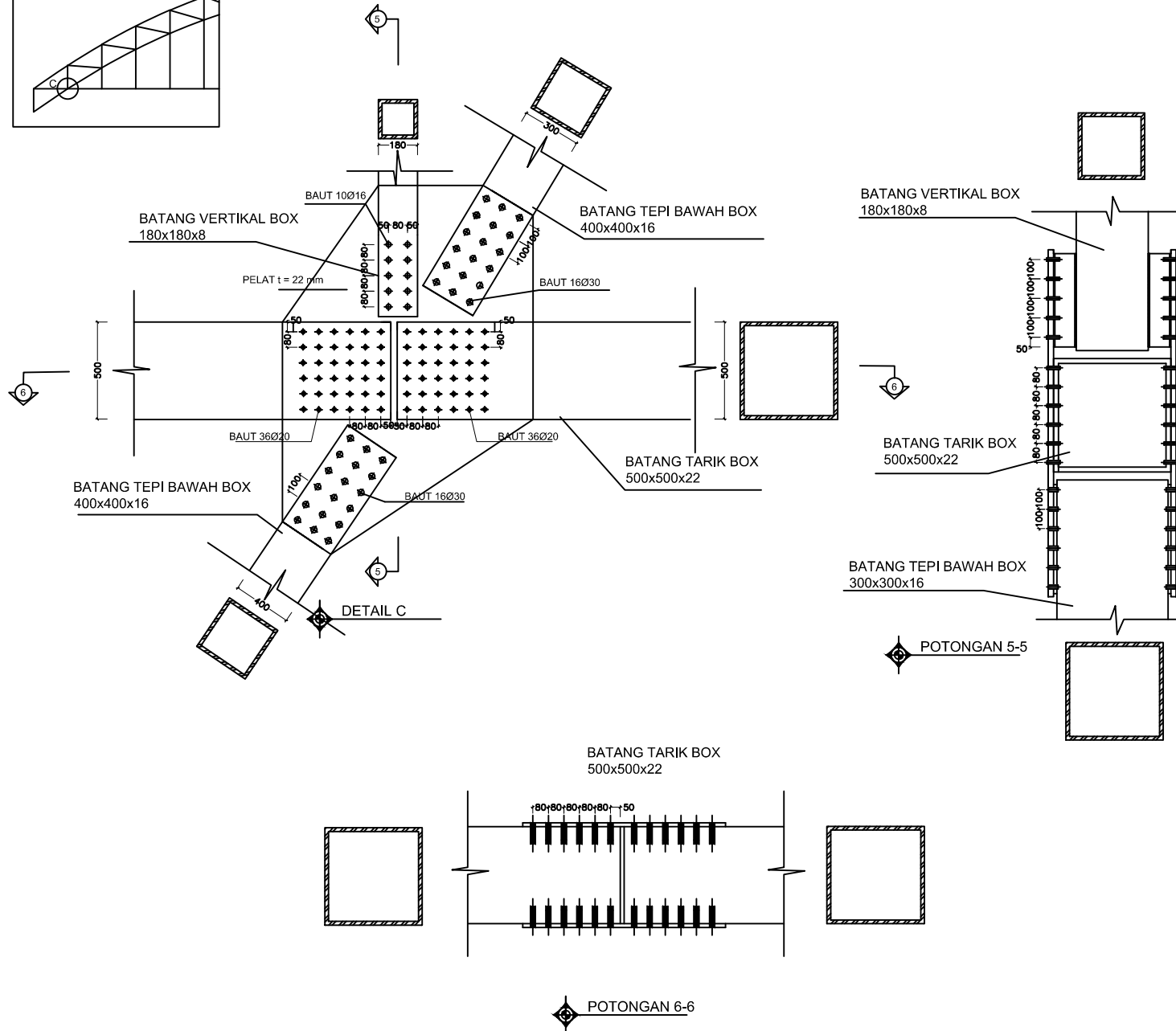
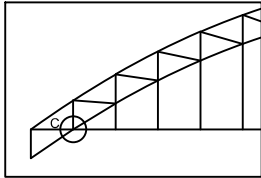
1970020111995122001

No. GBR

JMLH GBR

11

23



PROGRAM SARJANA  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA GAMBAR :

DETAIL SAMBUNGAN C RANGKA UTAMA

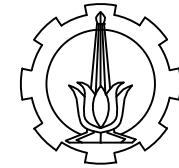
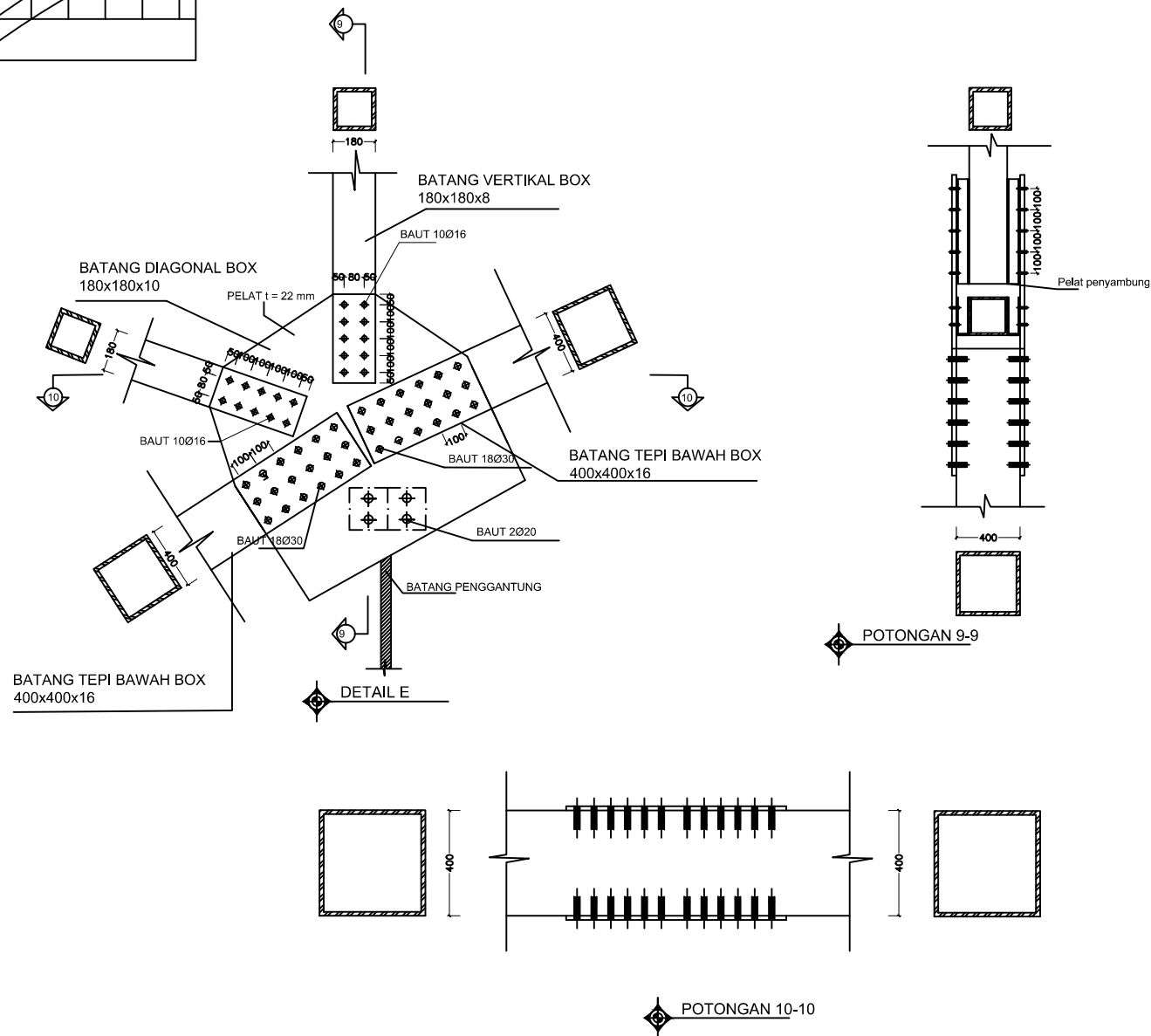
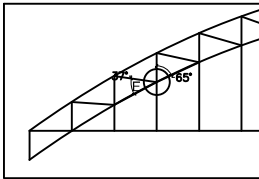
KETERANGAN :

PROFIL BATANG TEPI BAWAH BOX 400x400x16  
PROFIL BATANG TARIK BOX 500x500x22  
PROFIL BATANG VERTIKAL BOX 180x180x8

SKALA 1:20

NAMA MAHASISWA	NRP
BINTANG MAHARDHIKA	3113 100 013
DOSEN PEMBIMBING	NIP
ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.	1970020111995122001
No. GBR	JMLH GBR
12	23





PROGRAM SARJANA  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA GAMBAR :

DETAIL SAMBUNGAN E RANGKA UTAMA

KETERANGAN :

PROFIL BATANG TEPI BAWAH BOX 400x400x16

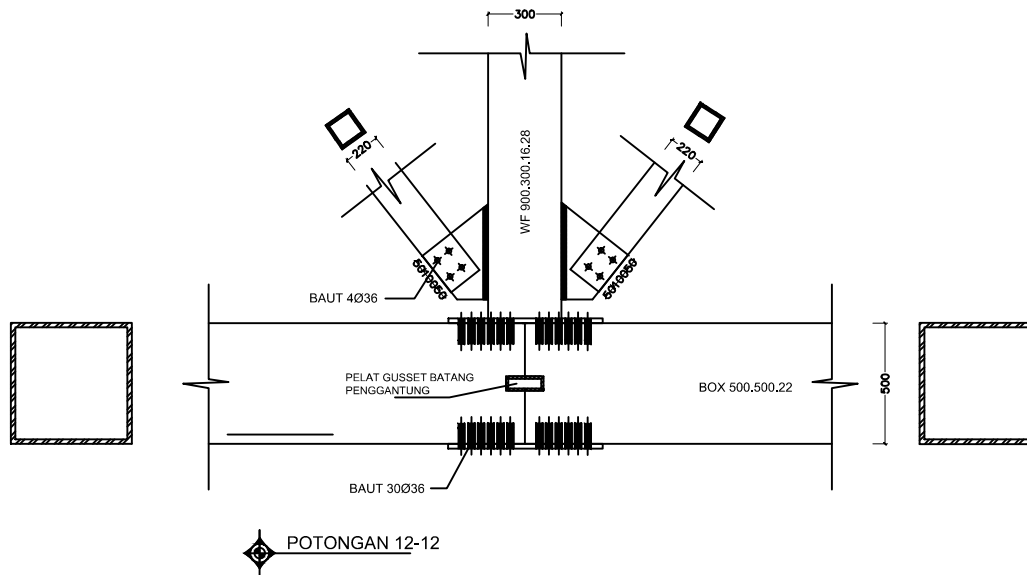
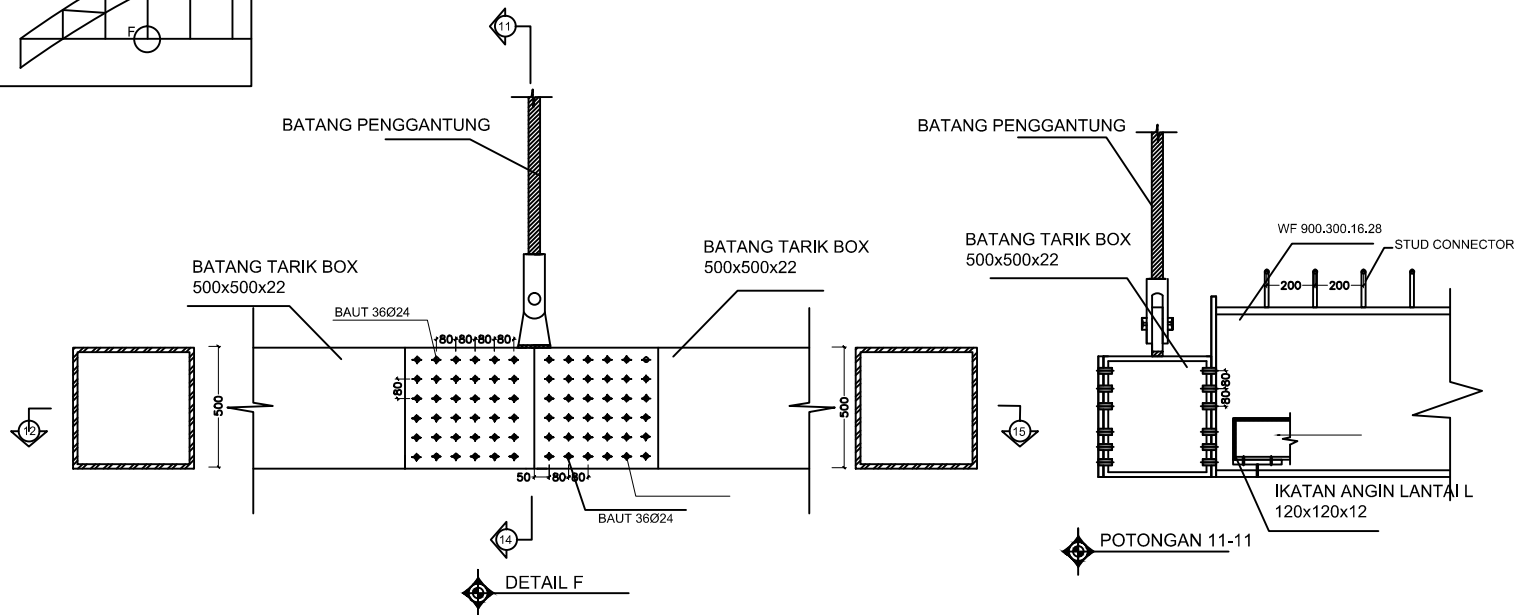
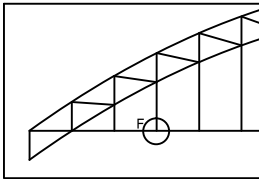
PROFIL BATANG VERTIKAL 180x180x8

PROFIL BATANG DIAGONAL BOX 180x180x10

SKALA 1:20

NAMA MAHASISWA	NRP
BINTANG MAHARDHIKA	3113 100 013
DOSEN PEMBIMBING	NIP
ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.	1970020111995122001
No. GBR	JMLH GBR
14	23





PROGRAM SARJANA  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA GAMBAR :

DETAIL SAMBUNGAN F RANGKA UTAMA

KETERANGAN :

THREADBARS DIAMETER 47 mm

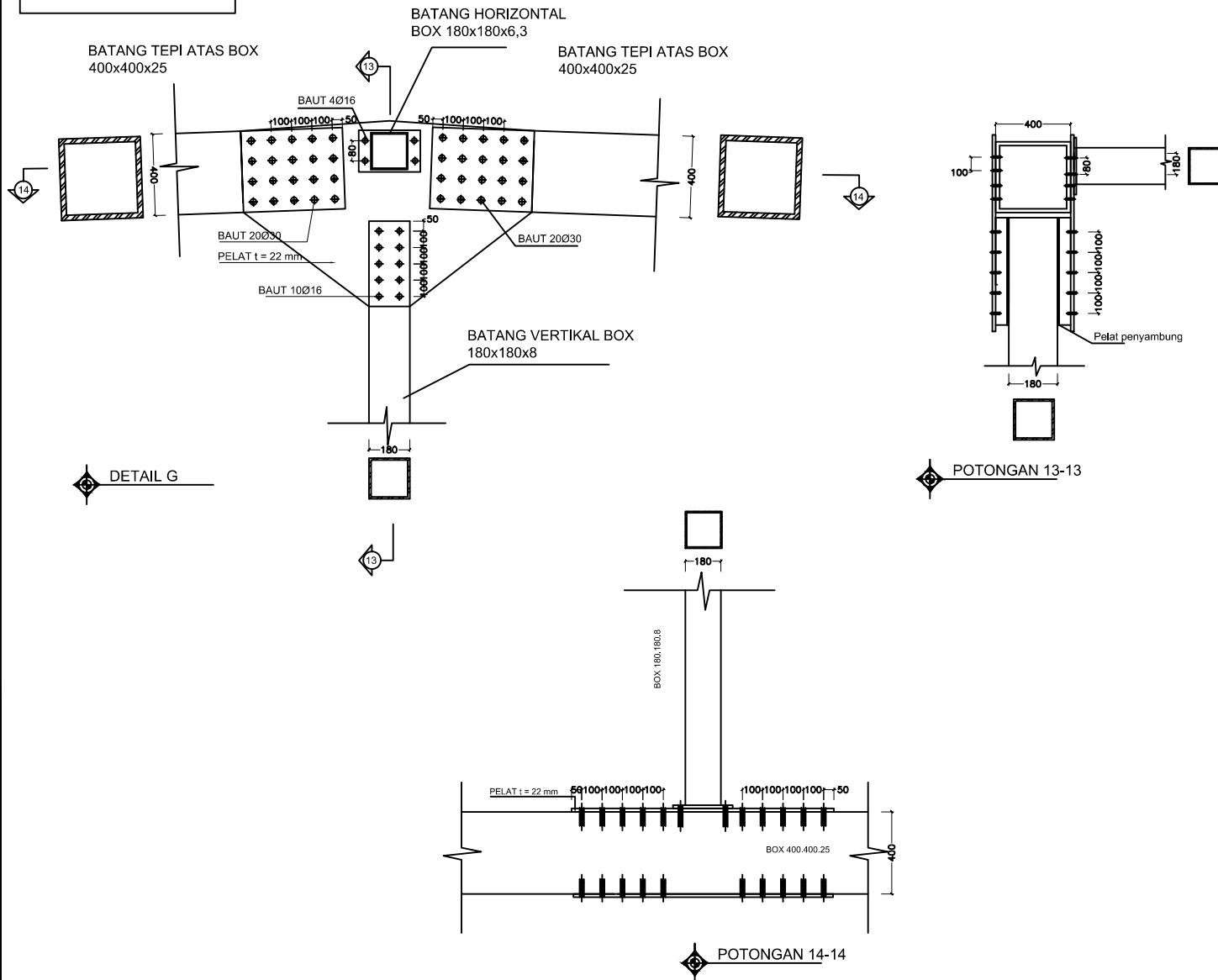
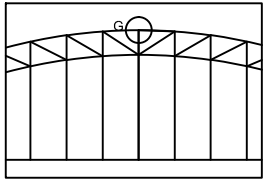
PROFIL BATANG TARIK BOX 500x500x22

PROFIL IKATAN ANGIN KENDARAAN BOX 220x220x6,3

PROFIL BALOK MELINTANG WF 900x300x28x16

SKALA 1:20

NAMA MAHASISWA	NRP
BINTANG MAHARDHIKA	3113 100 013
DOSEN PEMBIMBING	NIP
ENDAH WAHYUNI,ST.,M.Sc.,Ph.D.	1970020111995122001
No. GBR	JMLH GBR
15	23



**PROGRAM SARJANA**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA**

NAMA GAMBAR :

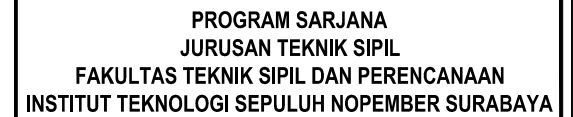
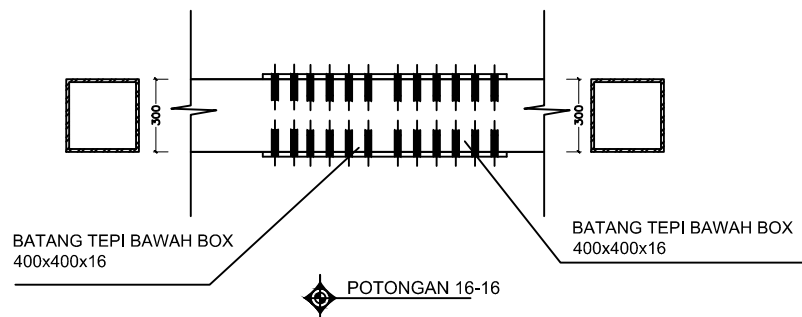
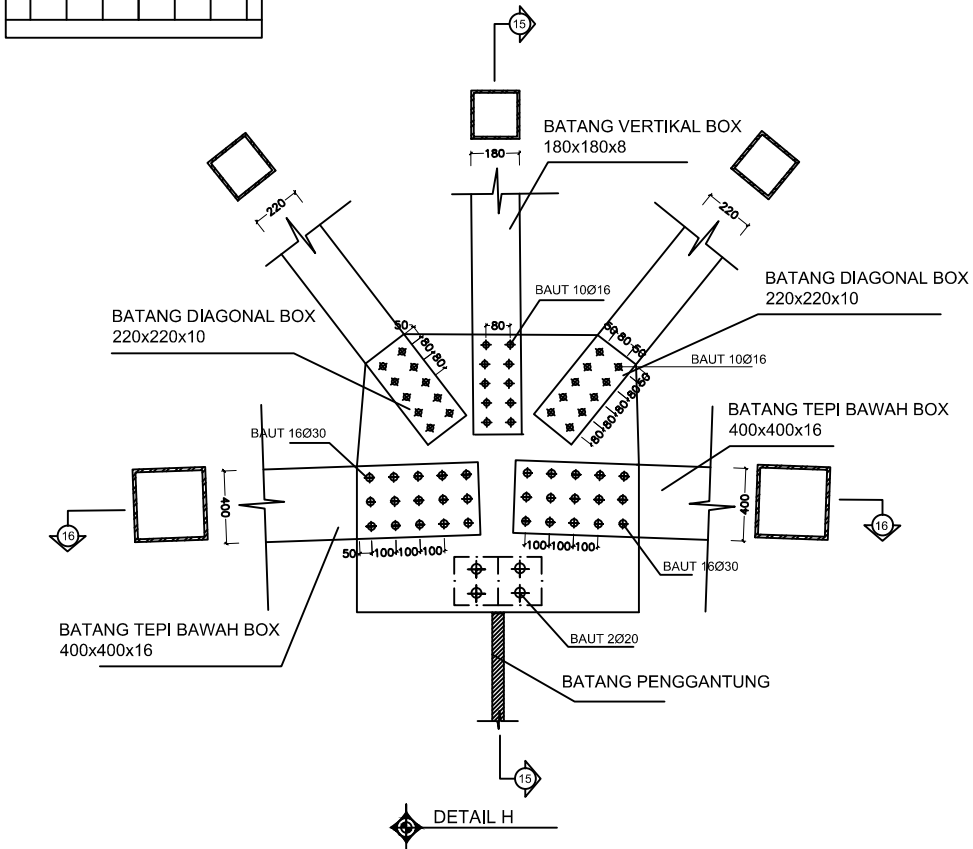
**DETAIL SAMBUNGAN G RANGKA UTAMA**

KETERANGAN :

PROFIL BATANG TEPI ATAS BOX 500x500x22  
 PROFIL BATANG VERTIKAL 180x180x8  
 PROFIL BATANG HORIZONTAL IKATAN ANGIN BOX 180x180x8

**SKALA 1:20**

NAMA MAHASISWA	NRP
BINTANG MAHARDHIKA	3113 100 013
DOSEN PEMBIMBING	NIP
ENDAH WAHYUNI,ST.,M.Sc.,Ph.D..	1970020111995122001
No. GBR	JMLH GBR
16	23



### DETAIL SAMBUNGAN H RANGKA UTAMA

PROFIL BATANG TEPI BAWAH BOX 400x400x16  
PROFIL BATANG VERTIKAL 180x180x8  
PROFIL BATANG DIAGONAL BOX 180x180x10  
THREADBARS DIAMETER 47 mm

SKALA 1:20

NAMA MAHASISWA	NRP
BINTANG MAHARDHIKA	3113 100 013
DOSEN PEMBIMBING	NIP
ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.,	1970020111995122001
No. GBR	JMLH GBR



PROGRAM SARJANA  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA GAMBAR :

DETAIL BATANG PENGGANTUNG

KETERANGAN :

BATANG PENGGANTUNG DIAMETER 47 mm

SKALA 1:20

NAMA MAHASISWA

NRP

BINTANG MAHARDHIKA

3113 100 013

DOSEN PEMBIMBING

NIP

ENDAH WAHYUNI,ST.,M.Sc.,Ph.D..

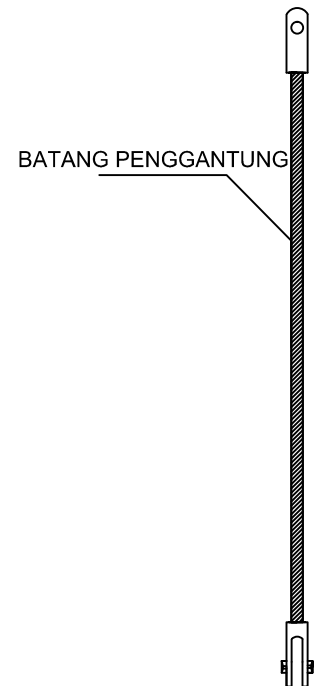
1970020111995122001

No. GBR

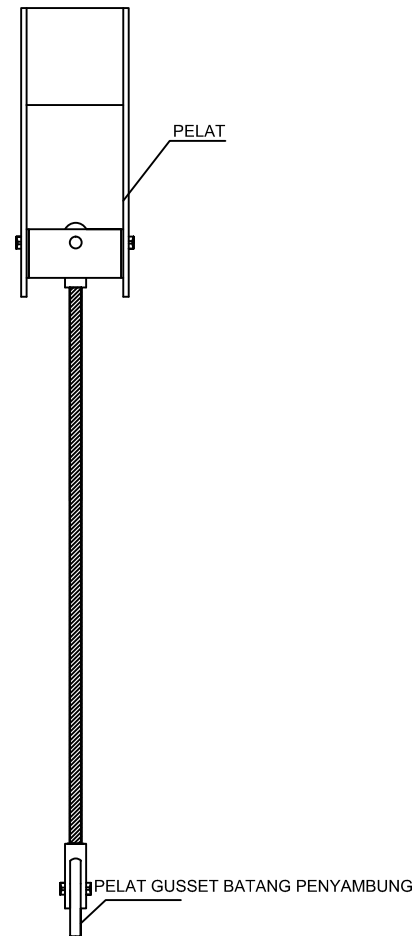
JMLH GBR

18

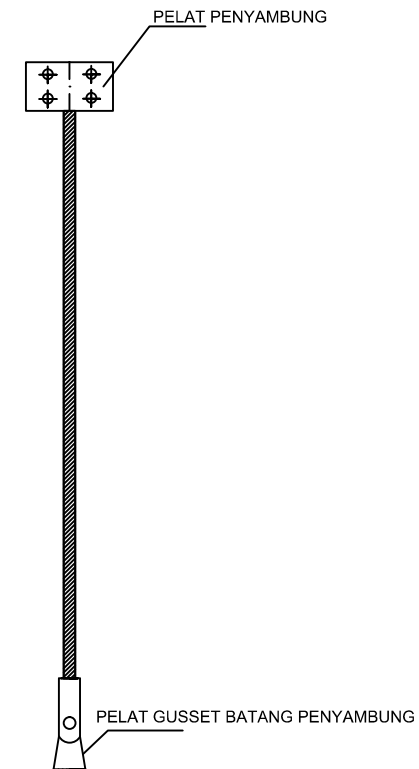
23



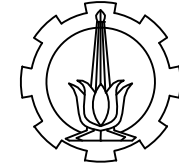
BATANG PENGGANTUNG JEMBATAN



TAMPAK MELINTANG BATANG  
PENGGANTUNG



TAMPAK MEMANJANG BATANG  
PENGGANTUNG



PROGRAM SARJANA  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA GAMBAR :  
DAMPER JEMBATAN (LOCK-UP DEVICE)

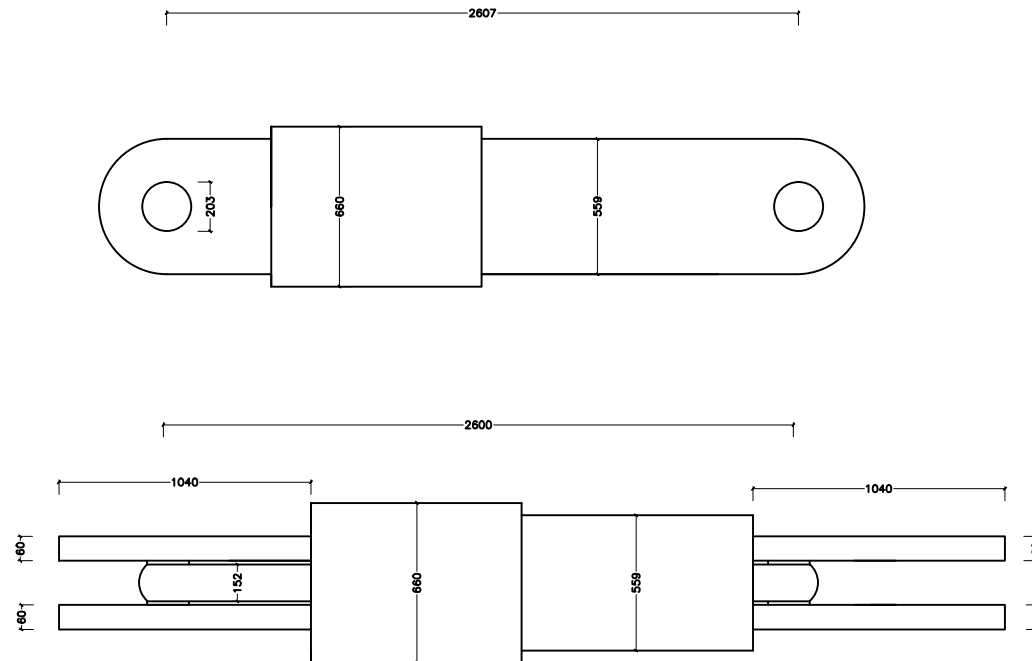
KETERANGAN :  
LOCK UP DEVICE KAPASITAS 2000 Kip

SKALA 1:20

NAMA MAHASISWA	NRP
BINTANG MAHARDHIKA	3113 100 013
DOSEN PEMBIMBING	NIP
ENDAH WAHYUNI,ST.,M.Sc.,Ph.D.	1970020111995122001
No. GBR	JMLH GBR

19

23





PROGRAM SARJANA  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA GAMBAR :

DETAIL SAMBUNGAN DAMPER JEMBATAN

KETERANGAN :

LOCK UP DEVICE KAPASITAS 2000 MPa

PROFIL BATANG TEPI ATAS BOX 300x300x16

PROFIL BATANG VERTIKAL AKHIR BOX 500x500x19

SKALA 1:20

NAMA MAHASISWA

NRP

BINTANG MAHARDHIKA

3113 100 013

DOSEN PEMBIMBING

NIP

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.

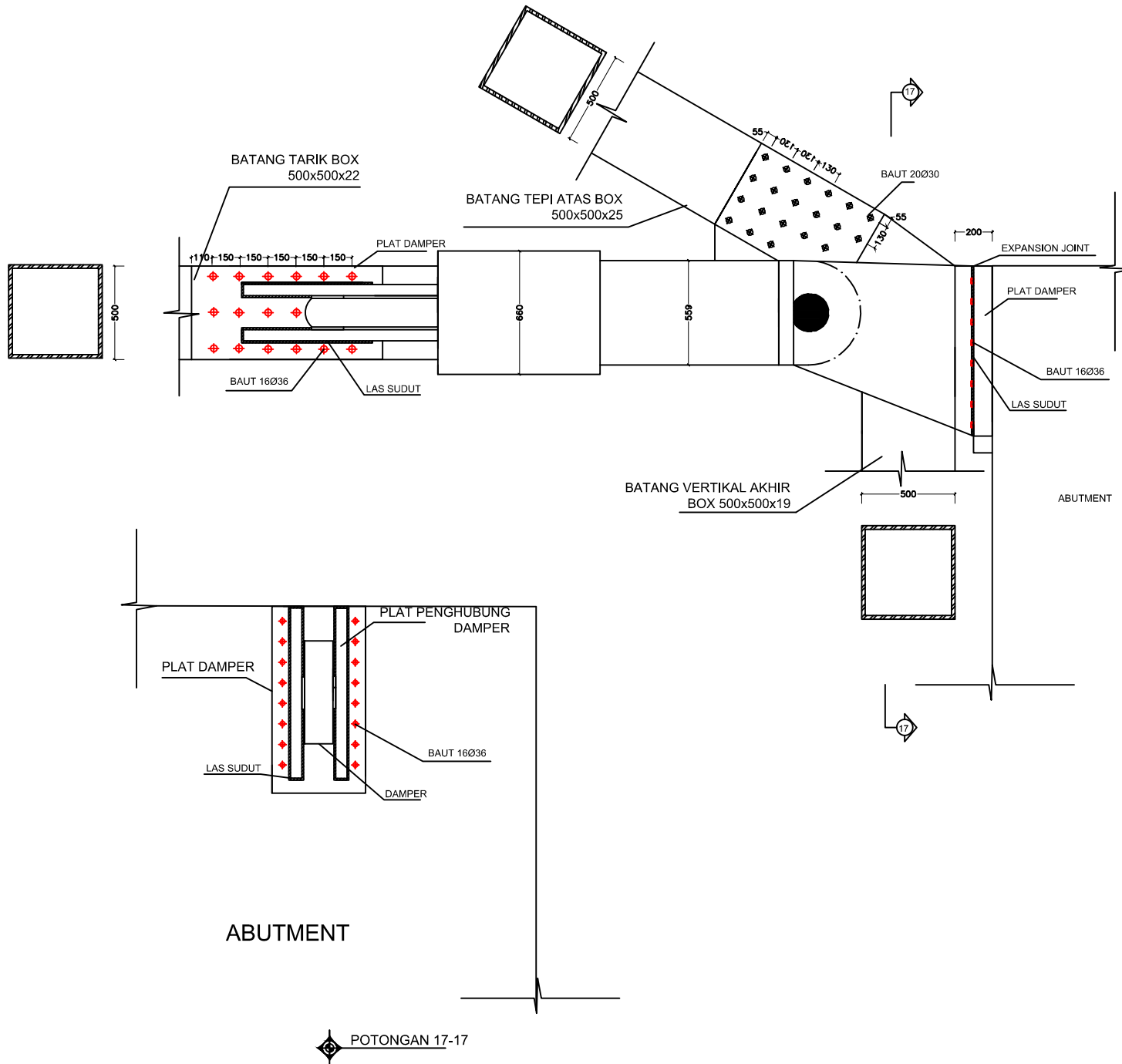
1970020111995122001

No. GBR

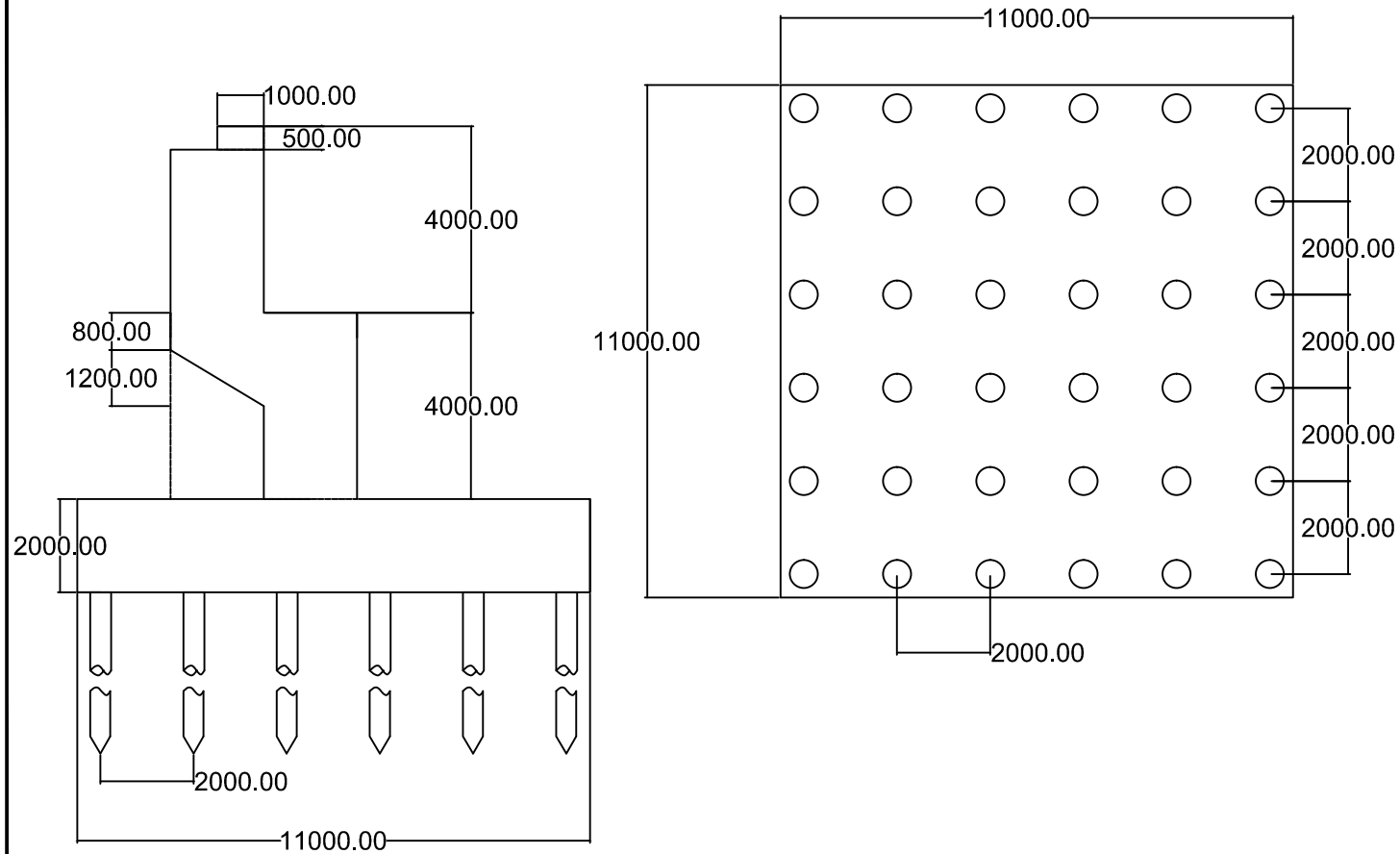
JMLH GBR

20

23



# Tiang pancang D60



PROGRAM SARJANA  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA GAMBAR :

ABUTMENT JEMBATAN

KETERANGAN :

TIANG PANCANG DIAMETER 60 cm

SKALA 1:20

NAMA MAHASISWA	NRP
BINTANG MAHARDHIKA	3113 100 013
DOSEN PEMBIMBING	NIP
ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.	1970020111995122001
No. GBR	JMLH GBR
21	23



**PROGRAM SARJANA**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA**

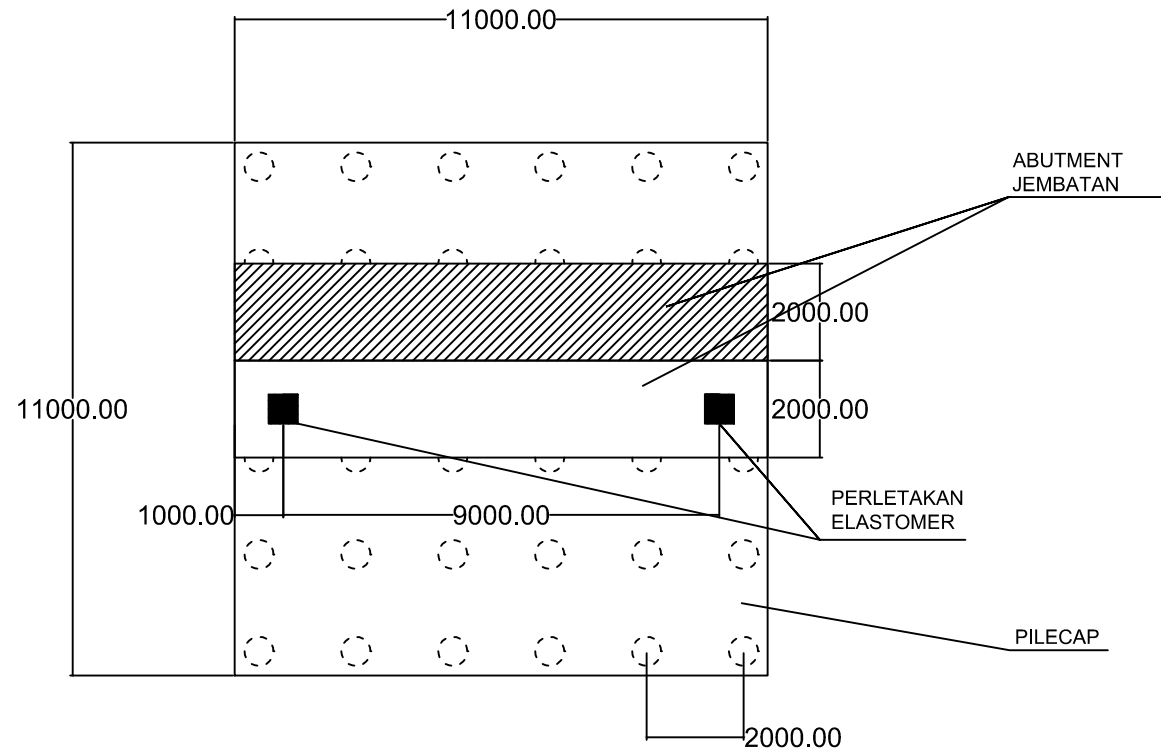
NAMA GAMBAR :

**TAMPAK ATAS ABUTMENT JEMBATAN**

KETERANGAN :

TIANG PANCANG DIAMETER 60 cm

ELASTOMER 600x600



**SKALA 1:20**

NAMA MAHASISWA

NRP

BINTANG MAHARDHIKA

3113 100 013

DOSEN PEMBIMBING

NIP

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.

1970020111995122001

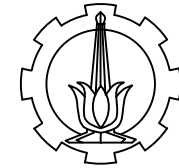
No. GBR

JMLH GBR

**22**

**23**



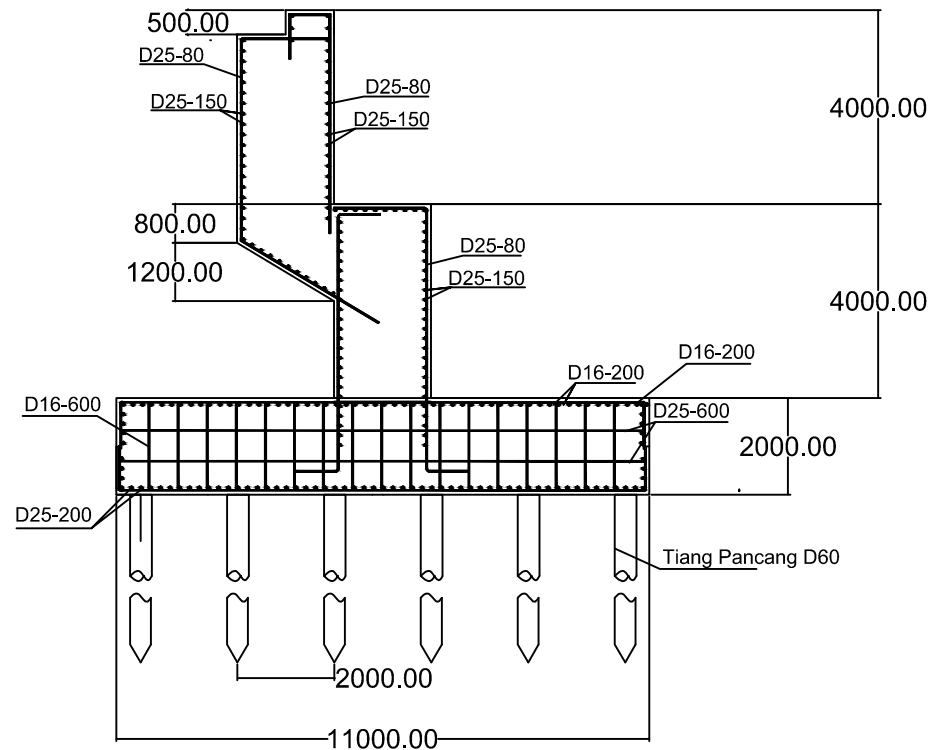


PROGRAM SARJANA  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA GAMBAR :

PENULANGAN ABUTMENT JEMBATAN

KETERANGAN :



SKALA 1:20

NAMA MAHASISWA	NRP
BINTANG MAHARDHIKA	3113 100 013
DOSEN PEMBIMBING	NIP
ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.	1970020111995122001
No. GBR	JMLH GBR
23	23

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama Bintang Mahardhika, yang dilahirkan di Kota Jember pada tanggal 12 Desember 1994. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara pasangan dari Ir. Hendro Purnomo dan Tersina Wardharini.

Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Kartini II Jember yang lulus pada tahun 2001, SDN Kepatihan 13 Jember dan lulus pada tahun 2007, kemudian SMPN 6 Jember yang lulus pada tahun 2010, serta SMAN 1 Jember dan lulus pada tahun 2013. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan sarjana di Teknik Sipil FTSP-ITS Surabaya terdaftar dengan NRP 3113 100 013.

Di jurusan Teknik Sipil ITS penulis merupakan mahasiswa program Sarjana (S1) dengan bidang fokus struktur.

***Bintang Mahardhika (Mr.)***

*Civil Engineering Student*

*Sepuluh Nopember Institute of Technology Surabaya*

*bintangmahardhika12@gmail.com*

*(+62) 8972757967*